

Laajakaista juniin

Junien laajakaistoittamisen esiselvityshanke



Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri)		Julkaisun laji	
Jyväskylän yliopisto		Tutkimus	
Timo Hämäläinen, Ilari Kotimäki		Toimeksiantaja	
		Liikenne- ja viestintäministeriö	
Tapio Väärämäki		Toimielimen asettamispäivämäärä	
Julkaisun nimi			
Laajakaista juniin. Junien laajakaistoittamisen esiselvityshanke			
Tiivistelmä			
<p>Esiselvitys käsittelee Suomen nopeimpien matkustajajunien eli Pendolinojen laajakaistoittamista. Nopeille Internet-yhteyksille on yhä kasvava tarve erityisesti sellaisissa ympäristössä, joissa vietetään paljon aikaa. Suomen junien matkustajaliikenteen suosio on kasvanut viime vuosina tasaista vauhtia, ja eräänä syynä tälle voidaan pitää mahdollisuutta matka-ajan tehokkaaseen hyödyntämiseen. Useat matkustajat pystyvät työskentelemään kannettavalla tietokoneella lähes koko junamatkan ajan, mutta melkein toimistotason työympäristön saavuttaminen vaatii tehokkaita tietoliikenneyhteyksiä.</p> <p>Liikenne- ja viestintäministeriön ja Jyväskylän yliopiston Tietotekniikan laitoksen lisäksi esiselvityksessä oli mukana joukko IT-alan yrityksiä sekä VR. Esiselvityksessä tutkittiin, onko junien laajakaistoittaminen teknisesti mahdollista ja taloudellisesti kannattavaa. Lisäksi junamatkustajille tehtiin kyselytutkimus, jossa selvitettiin matkustajien ajatuksia mahdollisesta laajakaistayhteydestä. Kyselytutkimuksen tulokset ovat kokonaisuudessaan raportissa.</p> <p>Loppuraportista tehtiin kaksi eri versiota: julkinen ja sisäinen. Julkisessa versiossa keskitytään erityisesti laajakaistoittamisen mahdollistaviin tekniikoihin, ja matkustajien mielipiteisiin laajakaistayhteydestä. Raportin tarkoituksena on antaa lukijalle yleinen mielikuva junien laajakaistoittamisesta Suomessa. Sisäiseen käyttöön tarkoitettussa versiossa on käsitelty tarkemmin mm. laajakaistayhteyden hyödyntämismahdollisuuksia ja suoritettu tarkempaa teknistä arviointia.</p>			
Avainsanat (asiasanat)			
juna, laajakaista, junien laajakaistoittaminen, Pendolino-juna, tekniikat			
Muut tiedot			
Yhteyshenkilö/LVM Kari T. Ojala			
Sarjan nimi ja numero		ISSN	ISBN
Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 83/2005		1457-7488 (painotuote) 1795-4045 (verkkojulkaisu)	952-201-464-8 (painotuote) 952-201-465-6 (verkkojulkaisu)
Kokonaissivumäärä	Kieli	Hinta	Luottamuksellisuus
46	suomi	10 €	julkinen
Jakaja		Kustantaja	
Edita Publishing Oy		Liikenne- ja viestintäministeriö	



Författare (uppgifter om organet: organets namn, ordförande, sekreterare)		Typ av publikation	
Jyväskylän universitet		Utredning	
Timo Hämäläinen, Ilari Kotimäki, Tapio Väärämäki		Uppdragsgivare	
		Kommunikationsministeriet	
		Datum för tillsättandet av organet	
Publikation			
Förutredning om byggandet av bredbandförbindelser till Pendolinotåg			
Referat			
<p>Den preliminära utredningen gäller möjligheterna att installera bredband på de snabbaste finska passagerartågen, dvs. Pendolino-tågen. Det finns ett allt mer växande behov av snabba Internetuppkopplingar särskilt i sådana miljöer där man vistas länge. De finska tågens passagerartrafik har ökat i popularitet fortlöpande under de senaste åren och en orsak till detta är möjligheten att utnyttja restiden effektivt. Många resenärer kan arbeta med sin bärbara dator nästan hela tågresan, men för att uppnå en arbetsmiljö nära nog på kontorsnivå krävs det effektiva telekomförbindelser.</p> <p>Med i den preliminära utredningen var, utöver kommunikationsministeriet och Jyväskylän universitets Informationstekniska institution, dessutom ett antal företag i IT-branschen samt VR. I den preliminära utredningen undersöktes huruvida det var tekniskt möjligt och ekonomiskt lönsamt att installera bredband på tågen. Utöver det utfördes en enkätundersökning genom intervjuer med tågpassagerare för att utreda passagerarnas åsikter om eventuell bredbandsuppkoppling. Resultatet av enkätundersökningen ingår i sin helhet i denna rapport.</p> <p>Av slutrapporten sammanställdes två olika versioner: en offentlig och en intern. Fokus i den offentliga versionen lagt främst på de tekniker som möjliggör bredbandsuppkoppling och passagerarnas åsikter om bredbandsuppkopplingen. Syftet med denna rapport är att ge läsaren en allmän överblick av frågan om installation av bredband på tåg i Finland. I den interna versionen har noggrannare behandlats bl.a. möjligheterna att utnyttja bredbandsuppkopplingen och utförts en noggrannare teknisk utvärdering.</p>			
Nyckelord			
tåg, bredband, bredbandsförbindelser i tågen, Pendolinotåg, tekniken			
Övriga uppgifter			
Kontaktperson vid ministeriet är Kari T. Ojala			
Seriens namn och nummer		ISSN	ISBN
Kommunikationsministeriets publikationer 83/2005		1457-7488 (trycksak) 1795-4045 (nätpublikation)	952-201-464-8 (trycksak) 952-201-465-6 (nätpublikation)
Sidoantal	Språk	Pris	Sekretessgrad
46	finska	10 €	offentlig
Distribution		Förlag	
Edita Publishing Ab		Kommunikationsministeriet	



Authors (from body; name, chairman and secretary of the body)		Type of publication	
University of Jyväskylä		Report	
Timo Hämäläinen, Ilari Kotimäki,		Assigned by	
Tapio Väärämäki		Ministry of Transport and Communications	
Name of the publication		Date when body appointed	
On-Train Broadband Feasibility Study			
Abstract			
<p>This feasibility study is concerned with broadband installation in Pendoline trains, the fastest passenger trains in Finland. Particularly in environments where people spend a great deal of their time in, there is a growing need for fast Internet connections. During the last few years, the popularity of train travel in Finland has risen steadily, one of the reasons for this being the possibility to effectively utilize travel time. Many of the passengers are able to work with their laptop almost throughout the train journey, but efficient data communication facilities are needed to achieve the level of office work environments.</p> <p>The participants of this feasibility study included, in addition to the Ministry of Transport and Communications and the Institute of Information Technology at the University of Jyväskylä, a group of IT companies and VR (National Railway of Finland). The feasibility study investigated whether it would be technically possible to introduce on-train broadband and whether this would also be economically feasible. Additionally, a survey was conducted to gauge opinions of train passengers about possible broadband connections. The results of the related questionnaire are included with this report.</p> <p>There are two different versions of the final report: public and internal. The public version concentrates on technologies that enable broadband and on passengers' opinions related to broadband. The purpose of this report is to familiarize the reader with the introduction of on-train broadband to Finland. The internal version is more detailed in its treatment of broadband utilization and technical assessment.</p>			
Keywords			
train, broadband, broadband feasibility in trains, Pendoline train, technology			
Miscellaneous			
Contact person at the Ministry: Mr Kari T. Ojala			
Serial name and number		ISSN	ISBN
Publications of the Ministry of Transport and Communications 83/2005		1457-7488 (printed version) 1795-4045 (electronic version)	952-201-464-8 (printed version) 952-201-465-6 (electronic version)
Pages, total	Language	Price	Confidence status
46	Finnish	€10	Public
Distributed by		Published by	
Edita Publishing Ltd		Ministry of Transport and Communications	

Esipuhe

Liikenne- ja viestintäministeriö on viimeisten vuosien aikana selvittänyt laajakaistatoimintaan liittyviä asioita niin tekniikoiden, kuluttajien kuin myös hintojen osalta. Tutkimustulokset ovat olleet hyvin kattavia. Nyt käsillä oleva tutkimus on konkreettinen selvitys siitä, miten laajakaistatekniikka toimii käytännössä ja erityisesti junaympäristössä, missä sitä ei ole ollut saatavissa.

Selvityksessä esitellään Suomen rataverkosto ja miten laajakaistaratkaisu olisi hyödynnettävissä junassa. Lisäksi esitellään laajakaistatekniikoiden toimivuus ja myös suunnitellut kokeilut. Kannettavaa tietokonetta käyttäville junamatkustajille tehtiin matkan aikana kyselytutkimus, jolla selvitettiin käyttäjänäkemyksiä. Kyselyn tulos on tärkeä työkalu jatkoa ajatellen.

Tämäntyyppinen selvitys luo pohjaa jatkosuunnittelulle ja kokeiluille siitä, miten tietty tekniikka toimii ja minkälaisia hyötyjä ja ennen kaikkea parannuksia voidaan kuluttajalle kehittää. Tämän tutkimuksen ilmestyttyä on hankkeen jatko jo käynnistetty. Tutkimuksessa mukana olleet yritykset sekä pari muuta alan yritystä ovat aloittaneet käytännön suunnittelun.

Haluan tässä yhteydessä lausua kiitokseni tämän hankkeen alulle panijalle sekä johtoryhmän puheenjohtajalle, Ilari Kotimäelle Jyväskylän Yliopistosta, joka vei pelottomasti selvitysprojektin loppuun saakka. Kiitokset myös tämän hankkeen rahoittajien edustajille, joina olivat kansainvälinen asiantuntija Jere Korkki IBM, johtaja Ben Ginman Intel, toimitusjohtaja Ville Hellman Suomi Communications, johtaja Tapani Rantanen Viestintävirasto sekä ICT-päällikkö Pirjo Huttunen VR. Erityisesti kiitokset tämän hankkeen asiantuntijasiihteerille ja raportin kirjoittajalle Tapio Väärämälle Jyväskylän Yliopistolta. Kiitokset myös myöhemmin tähän tutkimuksen mukaan tulleille Digin ja Orbiksen edustajille sekä kollegalleni Seppo Öörnille liikenne- ja viestintäministeriön liikennepolitiikan osastolta kommentaista.

Liikenne- ja viestintäministeriö on toiminut yhtenä hankkeen rahoittajista sekä johtoryhmän jäsenenä, mutta lopullisen raportin sisällöstä ja johtopäätöksistä vastaa kirjoittaja.

Marraskuussa 2005

Kari T. Ojala

1. JOHDANTO.....	2
2. SUOMEN RATAVERKOSTO	3
3. PENDOLINO-JUNA	4
3.1 JUNAN ESITTELY	4
4. LAAJAKAISTARATKAISUN HYÖDYNTÄMINEN	5
5. KÄYTÖSSÄ OLEVIENTEN LAAJAKAISTOITTAMISTEKNIIKOIDEN JA KOKEILUJEN ESITTELY.....	6
5.1 GSM/GPRS -VERKKO.....	6
5.2 EDGE -VERKKO.....	7
5.3 3G –VERKKO (UMTS)	8
5.4 HSDPA- JA HSUPA- TEKNIIKAT	8
5.5 LANGATON LÄHIVERKKO (IEEE 802.11A/B/G)	9
5.6 WiMAX –VERKKO (IEEE 802.16).....	10
5.7 450MHZ –TAAJUUSALUEELLE SOVELTUVAT TEKNOLOGIAT	11
5.8 SATELLIITTIYHTEYS.....	13
5.9 IEEE 802.20 MOBILE BROADBAND WIRELESS ACCESS -TEKNOLOGIA	14
5.10 DIGI-TV-VERKON HYÖDYNTÄMINEN	14
5.11 VUOTAVA KAAPELI	15
5.12 USEAMPIEN TEKNIIKOIDEN HYÖDYNTÄMINEN	16
5.13 MAAILMALLA OLEVIA TOTEUTUKSIA.....	17
6. YHTEYDEN JAKELU JUNAN SISÄLLÄ	18
7. TIETOTURVA	18
8. JUNAKYSELY	19
8.1 JUNAKYSELY KOKONAISUUDESSAAN	19
8.2 KYSELYTULOSTEN ARVIOINTIA.....	21
9. YHTEENVETO	22

1. Johdanto

Maailmanhistoria tuntee aikakausia, joille ovat tyypillisiä tietyt tunnusmerkit. 1800-luvun lopulla loimme teollisen vallankumouksen. Siihen asti maailma oli elänyt agraariyhteiskunnassa, mutta sitten teollinen kehitys ja monenlaiset innovaatiot alkoivat valloittaa maailmaa. Urbanisoitumiselle kylvettiin jalansijaa. Niin ikään 2000-luku voidaan nähdä tietotekniikan vallankumouksen, Internetin nousun aikana. Runsas sata vuotta sitten pohdittiin, mitä elämä olisi ollutkaan ilman silloisia keksintöjä, jotka olivat tulleet osaksi ihmisten arkipäivää. Nyt puhumme samaan tyyliin Internetistä, ja mietimme, kuinka voisimme elää ilman tietokonetta ja Internetin ohjailua. Ei löydy montaa ammattia, jossa tietokoneen ja Internetin käyttö ei olisi nyt tai lähitulevaisuudessa välttämätöntä. Arvostamme tehokkuutta, haluamme elää, tehdä työtä, saada aikaan, ja viettää mahdollisimman tehokkaasti myös vapaa-aikamme. Elämme keskittämisen aikaa. Työpaikat ovat niin ikään keskittyneet kasvukeskuksiin ja suurempiin taajamiin. Tämä tarkoittaa pidempiä työmatkoja pidempiä työmatkaan kulutettuja aikoja. Nyt on herännyt ajatus, että työmatkat voitaisiin hyödyntää. On jopa perustettu JOJO-hanke [= LVM:n Mobiili joustotyö]-hanke, jonka puitteissa kokeillaan työmatkaan kuluvan ajan käyttämistä osaksi työaikana. Tämä tarkoittaa sitä, että kun työntekijä avaa tietokoneensa, esim. JOJO-hankkeessa junassa, hänen työaikansa alkaa.

Kannettavan tietokoneen käyttö on monessakin mielessä perusteltua, kun puhutaan työskentelystä junassa. Kannettava tietokone on myös monelle hyvä matkaseura tylsien ja pitkien matkojen ajaksi. Kirjoittaminen ei vaadi kuin mahdollisesti virtalähteen kannettavan akun lisäksi, mutta täysipainoinen työskentely vaatii internetiä. Internetin välityksellä tänä päivänä tarjottavat verkkopalvelut ovat sen verran raskaita, että modeemitasoisella yhteydellä palveluiden käyttäminen on mahdotonta. Junassa työskentelyn ongelmana on lisäksi yhteyden katkeaminen. Samaan tapaan kuin GSM-puhelut ovat katkonaisia, niin esimerkiksi GPRS-modeemilla kannettavalla tietokoneella luotu yhteys katkeaa tuon tuosta.

Kannettavan tietokoneen tehokas käyttö junassa vaatii laajakaistayhteyden. Laajakaista on tiedonsiirtoyhteys, joka mahdollistaa tietoverkoissa olevan aineiston ja palvelujen käytön vaivattomasti. Kansainvälisessä yhteistyössä laajakaistana pidetään tällä hetkellä tilaajayhteyttä, jonka tiedonsiirron nimellisaika on vähintään 256kbit/s. Kiinteitä kohteita varten on kehitetty useita eri laajakaistatekniikoita. Kun juna liikkuu 100km/h, jopa 200km/h, niin laajakaistatoittamiseen soveltuvia teknologioita on käytettävissä huomattavasti vähemmän. Tämän vuoksi on kehitetty myös liikkuvaan käyttöön soveltuvia langattomia teknologioita.

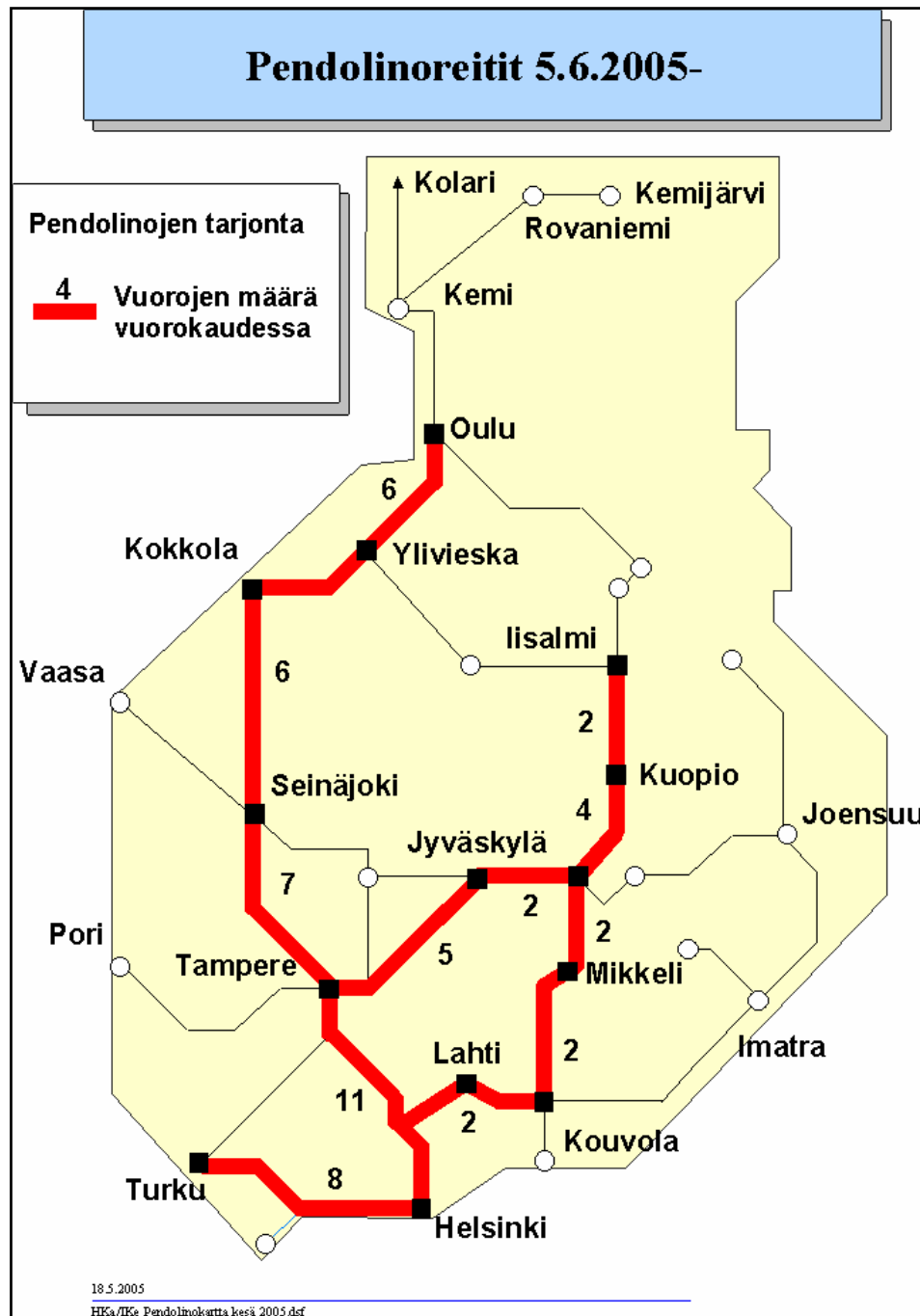
Junien laajakaistakokeiluja on tehty eri puolilla maailmaa, joita tässäkin selvityksessä käydään pintapuolisesti läpi. Juniin on muodostettu laajakaistayhteyksiä eri tekniikoilla, mutta punaista lankaa ei ole vielä löydetty. Pariisi-Bryssel – välisellä rataosuudella kulkevat luotijunat ovat saaneet laajakaistayhteyden satelliitin avulla, mutta tähän ratkaisuun on investoitu kohtuuttomasti ns. ”Bryssel-tukea”, eikä tämä sovellu yleiseksi ratkaisuksi kalleutensa vuoksi.

Junan liikkua on otettava huomioon monenlaisia yhteyden tuontia vaikeuttavia seikkoja. Nykyään junat kulkevat sähköllä, ja toisaalta junien runko on hyvin suojattu. Vauhdin vaikutusta ei sovi myöskään unohtaa. Täällä Pohjolassa voimme todeta esimerkiksi Soneran kokeiluihin viitaten, että satelliitin käyttö ei mahdollista käyttökelpoista ratkaisua. Tässä esiselvityksessä pohditaan junien laajakaistatoittamisratkaisuja, ja vastataan kysymykseen siitä, onko junien laajakaistatoittaminen teknis-taloudellisesti mahdollista ja kannattavaa. Tämän lisäksi esiselvitys pohtii menetelmiä, joilla junien laajakaistatoittaminen on mielekkäintä toteuttaa Suomen olosuhteissa.

2. Suomen rataverkosto

Suomen rataverkosto on hyvin kattava, ja rautatiet ulottuvatkin lähes kaikkiin Suomen keskeisiin kaupunkeihin. Esiselvityksen tarkastelun kohteena olleet Pendolinot eivät kuitenkaan liikennöi kuin matkustajamääriltään merkittävimmillä rataosuuksilla.

Pendolinot ovat tällä hetkellä VR:n uusimpia junia. Ne on tarkoitettu nopeaan liikkumiseen. Matkantekoa pyritään tiivistämään mm. mahdollisimman vähäisten pysähdyksien avulla. Alla olevan ratakartan (kuva 1.) avulla saa hyvän kokonaiskäsitksen Suomen rataverkostosta ja Pendolinojen reiteistä.



Kuva 1. Pendolinoreitit Suomen rataverkostossa.

3. Pendolino-juna

Kuten aiemmin todettiin, esiselvitys keskittyy erityisesti Pendolino-junien laajakaistoittamiseen. Pendolinot edustavat VR:n nopeinta kalustoa, ja niitä markkinoidaan tehokkaan ja nopean matkustamisen välineinä. Pendolinoihin kehitetyn kallistusjärjestelmän avulla mutkat pystytään ajamaan muita junatyyppejä nopeammin, ja myös pysäkkiasemia on muihin juniin verrattuna selkeästi vähemmän. Näiden kahden matkantekoa nopeuttavan tekijän avulla matkustamiseen käytetty aika on usein lyhyempi kuin muilla junatyypeillä. Tämän vuoksi Pendolinot ovat erityisesti liikematkustajien suosiossa. Pendolinot ovat Suomen rataliikenteen ykkösjunia, joihin VR:llä on ensisijaisesti halu toteuttaa laajakaistainen Internet-yhteys.

3.1 Junan esittely

Ensimmäiset Pendolinot päätettiin hankkia Suomeen ns. ”nopea juna” – hankkeessa, jossa tutkittiin mahdollisuuksia nopeuttaa Suomen raideliikennettä uusien junien avulla. Italialaisen Fiat Ferroviarian (nykyään Alstom) valmistamat kallistuvakoriset junat eli Pendolinot osoittautuivat tehokkaimmaksi vaihtoehdoksi nostaa junien liikennöintinopeutta olemassa olevalla rataverkostolla. Erillisen suurnopeusjunille tarkoitetun rataverkoston rakentaminen olisi ollut liian kallista, ja Euroopassa tehtyjen kokeilujen perusteella Pendolinolla pystyttiin ajamaan mutkaisilla rataosuuksilla jopa 40% tavallisia junia nopeammin. Nykypäivänä Pendolinoja ei käytetä vain Suomessa, vaan ne ovat laajassa käytössä myös muualla Euroopassa, kuten Italiassa, Espanjassa, Tshekissä, Sloveniassa, Portugalissa ja Ranskassa. Suomessa käytettävien Pendolino-junien tyyppi on SM3.

Vuodesta 1994 lähtien Suomeen hankitut Pendolinot ovat liikennöineet Suomen keskeisimmillä rataosuuksilla. Nopeaan matkantekoon soveltuvat Pendolinot koostuvat kuuden vaunun yksiköistä, ”kaseteista”, joiden kokoonpano säilyy muuttumattomana. Samat kuusi vaunua kulkevat aina yhdessä. Tämä on huomattava ero verrattuna muihin juniin, jotka kasataan veturin perään jokaista matkaa varten erillisistä vaunuista. Pendolinoa ei siis pureta muulloin kuin huoltotöiden yhteydessä.

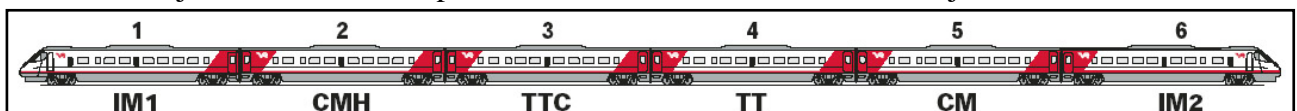
Tällä hetkellä VR:n käytössä olevasta 15:sta Pendolino-yksiköstä 13 on liikenteessä. Jokaisella Pendolinolla on viikossa yksi seisonpäivä, jolloin se tarkastetaan ja huolletaan valmiiksi seuraavaa ajojaksoa varten. Lahden tulevaa oikorataa varten on hankittu 3 lisärunkoa, jotka otetaan käyttöön jo vuoden 2006 alussa, oikoradan puolestaan valmistuessa syyskuun alussa 2006. Tällä hetkellä Pendolino-vaunuja on yhteensä 6 x 15 eli 90 vaunua, ja oikoradan valmistuttua v. 2006 määrä nousee 108 vaunuun.

Pendolinot ovat sivusta katsoen symmetrisen muotoisia junia. Käsitystä vahvistaa myös ohjaamon sijoittuminen junan molempiin päihin. Tämä tarkoittaa sitä, ettei junaa tarvitse erikseen kääntää, kun ajosuunta halutaan vaihtaa. Pendolinojen maksiminopeus on 220km/h, jota ei kuitenkaan tällä hetkellä voida saavuttaa vielä millään rataosuudella. Nopein rataosuus on Tampere-Helsinki -väli, jolla Pendolinot voivat liikennöidä 200km/h nopeudella lähes koko rataosuuden. Lahti-Helsinki -välistä tulee ensimmäinen Suomen rataosuus, jossa voidaan ajaa 220km/h tuntinopeutta.

Faktaa SM3 Pendolinoista

Junan valmistaja: Alstom Ferroviaria
Matkustajapaikkoja: 309
Vaunuja junassa: 6kpl
Huippunopeus: 220km/h
Pituus: 159m
Korkeus: ~4m (riippuen kohdasta)
Paino: 328 tonnia
Teho: 4000 kW
Lukumäärä: 15kpl
Hankittu: Ensimmäiset vuonna 1994, uusimmat ovat tilauksessa.

Kuva 2. Pendolino-juna kokonaisuudessaan



4. Laajakaistaratkaisun hyödyntäminen

Laajakaistayhteyden toimittaminen juniin pelkästään matkustajien käyttöön ei ole taloudellisesti järkevä ratkaisu. Mahdollista yhteyttä kannattaa hyödyntää myös VR:n omiin toimintoihin. Jatkuvasti käytettävissä oleva tietoliikenneyhteys mahdollistaisi mm. useiden eri toimintojen reaaliaikaistamisen.

Tällä hetkellä junista ja niiden henkilökunnalta puuttuu kunnolliset tietoliikenneyhteydet junamatkojen aikana. Esimerkiksi myynti- ja raportointitietojen välittäminen junan ja aseman välillä on mahdollista ainoastaan junan ollessa pysähdyksissä rautatieasemalla. Tiedonvälityksen kehittämisen perusedellytyksenä on kunnollinen tietoliikenneyhteys, jonka avulla tiedot voidaan välittää junasta asemille haluttuna hetkenä. Laajakaistayhteys mahdollistaisi reaaliaikaisen tiedonvälityksen ja myös VR on arvioinut sen tehostavan omaa toimintaansa huomattavasti.

Laajakaistaisen tietoliikenneyhteyden hyödyntäminen ei rajoitu VR:n toiminnoissa ainoastaan tiedonvälityksen kehittämiseen. Yhteyden välittäminen matkustajille ja junahenkilökunnalle edellyttää langattoman lähiverkkopeiton luomista junan sisäpuolelle. Laajakaistayhteyttä ja junan sisäistä verkkoa voi hyödyntää lukuisiin eri sovelluksiin, kuten myynnin kehittämiseen, turvallisuuden parantamiseen videovalvonnan avulla tai vaikkapa junamatkustajien viihtyvyyden kohentamiseen videomonitorien sisällöntarjontaa kehittämällä.

Matkustajille nopea ja ennen kaikkea luotettava Internet-yhteys olisi tärkeä palvelu, ja junamatkustajille suoritettun kyselytutkimuksen mukaan mahdollinen laajakaistayhteys parantaisi junien työskentelymahdollisuuksia huomattavasti. Tutkimuksen tuloksia on esitelty tarkemmin luvussa yhdeksän.

Työskentelyn tehostamisen lisäksi Internet-yhteyttä olisi mahdollista käyttää esimerkiksi uutisten lukemiseen, viihteen katsomiseen, tai vaikka verkkopelien pelaamiseen. Internet-yhteys junissa ei siis mahdollista vain parempia työskentelymahdollisuuksia, vaan voi yhtä lailla toimia myös junamatkan piristäjänä. Myös mahdollinen puheyhteyden parantaminen on ollut esillä.

5. Käytössä olevien laajakaistoittamistekniikoiden ja kokeilujen esittely

Internet- yhteyden tuominen junaan on mahdollista usealla eri tekniikalla. Niiden kustannuksissa ja teknisissä ominaisuuksissa on kuitenkin huomattavia eroja. Erilaisia teknisiä ratkaisuja on myös mahdollista yhdistää, ja käytännössä kustannustehokkaimpaan ratkaisuun voidaan pyrkiä käyttämällä useita eri tekniikoita. Seuraavassa kappaleessa on pyritty tuomaan esille tekniikoiden välisiä eroja, sekä kertomaan kunkin tekniikan soveltuvuudesta junien laajakaistoittamiseen.

5.1 GSM/GPRS -verkko

GSM- (Global System for Mobile communication) ja GPRS- (General Packet Radio System) verkkoja on ollut Suomessa jo vuodesta 1991 lähtien. Nykypäivänä GSM/GPRS -verkot kattavat lähes koko Suomen ja niissä on katvealueita ainoastaan haja-asutusalueilla. Tietoliikenneyhteyden tuominen junaan olisi helppoa GSM- verkon laajasta peittoalueesta johtuen. Verkon infrastruktuuri on jo olemassa, ja juniin pitäisi sijoittaa ainoastaan verkon käyttämiseen tarvittavat päätelaitteet.

GSM/GPRS-verkkoja käytettäessä ongelmana on kuitenkin verkoissa saavutettava tiedonsiirtonopeus, joka ei ole riittävä nykypäivän tiedonsiirtoon. Datansiirto GSM- verkoissa tapahtuu nykyään pääasiassa GPRS- palvelua hyväksikäyttäen. GPRS-palvelusta käytetään usein myös nimitystä 2.5G- teknologia. Se on datansiirtoon tarkoitettu pakettipohjainen tekniikka, joka mahdollistaa teoriassa maksimissaan 115kbps yhteysnopeuden. Käytännön nopeudet tämän hetkisillä laitteistoilla jäävät kuitenkin nopeusluokkaan 50-80kbps, joka on hieman suurempi kuin tavallisella lankamodeemilla saavutettava tiedonsiirtonopeus.

IBM on kertonut haastatteluissa tehneensä kokeiluja Internet- yhteyden tuomisesta junaan GPRS- tekniikan avulla, mutta yhteysnopeus oli osoittautunut käytön kannalta liian hitaaksi. IBM kertoi jopa yrittäneensä yhdistää usean GPRS-modeemin datavirran, mutta tällä menetelmällä saavutettu noin 200kbps yhteysnopeus ei ollut edelleenkään riittävä useamman matkustajan käyttöön.

Myös VR kertoi omista kokeiluistaan tarjota Internet-yhteyttä junamatkustajille GPRS-tekniikan avulla. Tässä kokeilussa saadut tulokset olivat yhteneviä IBM:n tekemien kokeiden kanssa.

Vaikka GPRS-tekniikan avulla on mahdollista saavuttaa laajakaistatekniikoihin verrattuna hitaita yhteysnopeuksia, kannattaa GSM/GPRS-verkon laaja peittoalue silti huomioida. Junien ensisijaisessa laajakaistayhteydessä saattaa esiintyä hetkellisesti ongelmia, joihin pitää pystyä varautumaan. GPRS-tekniikkaa olisi mahdollista käyttää junan laajakaistajärjestelmän varayhteytenä, joka voidaan ottaa käyttöön silloin, kun ensisijaisessa yhteydessä on ongelmia. Ongelmatilanteiden lisäksi GPRS-tekniikkaa voisi käyttää niillä rataosuuksilla, joissa varsinaista laajakaistayhteyttä ei ole saatavilla. Tämä on välttämätöntä mm. silloin, kun junan myynti- tai diagnostiikkajärjestelmien halutaan olevan reaaliaikaisessa yhteydessä VR:n tietojärjestelmiin.

- + Olemassa oleva verkkoinfrastruktuuri, vähän investointeja
- + Voisi toimia varateknologiana ongelmatilanteiden ja laajakaistattomien rataosuuksien varalle
- Liian hidas "laajakaistoittamiseen"
- GSM- verkossa on katvealueita laajasta peitosta huolimatta -> yhteys voi katketa (esim. tunnelit)

5.2 EDGE -verkko

EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution), joka tunnetaan myös nimellä 2.75G, on päivitys GPRS-tekniikkaan. EDGE-laajennuksen avulla voidaan saavuttaa GPRS:ään verrattuna jopa kolme kertaa suurempia tiedonsiirtonopeuksia. Alun perin EDGE:stä odotettiin GPRS:n ja 3G:n väliinputoajaa. Sille ennustettiin huonoa tulevaisuutta, sillä kolmannen sukupolven matkapuhelinverkkojen piti olla matkapuhelimien seuraava kehitysaskel tiedonsiirrossa. 3G-verkkojen rakentaminen osoittautui kuitenkin odotettua kalliimmaksi, eivätkä ne alkaneet yleistyä odotetulla vauhdilla. Nopeampaa tiedonsiirtoa janoavien asiakkaiden palvelemiseksi operaattorit alkoivat tehdä EDGE-laajennuksia GSM-tukiasemiin ja nykyään EDGE-verkkojen peittoalueet kattavat kaikki Suomen suurimmat kaupungit.

EDGE-tekniikan avulla on mahdollista saavuttaa teoriassa enimmillään 384kbps:n yhteysnopeus, mutta käytännön testeissä yhteysnopeus on jäänyt 150kbps:n tasolle. Nopeus on kuitenkin jossain määrin suurempi kuin GPRS-tekniikalla.

Matkapuhelinoperaattorilta EDGE-laajennuksen käyttöönotto vaatii joko ohjelmisto- tai laitteistopäivityksiä GSM-tukiasemiin. Maksullisista päivityksistä johtuen EDGE-verkkojen peittoalue rajoittuu lähinnä suurten käyttäjämäärien – kaupunkien ja taajamien - alueille. EDGE-verkkojen peittoalue on vain hieman 3G-verkkoja laajempi, ja jatkossa erojen voidaan olettaa tasoittuvan entisestään. EDGE-verkkojen laajentuminen tulee luultavasti hidastumaan sitä mukaan kun 3G-verkkoja laajennetaan. Tästä johtuen EDGE-tekniikan käyttömahdollisuus rajoittuu pienille alueille, ja kyseisillä alueilla on usein myös 3G-verkko saatavilla. EDGE-tekniikan avulla juna ei voida siis laajakaistoittaa. Ohessa kuva Soneran peittoaluekartasta.



Kuva 3. Soneran matkapuhelinverkon peittoaluekartta

- + Mahdollistaa kohtuullisen tiedonsiirtonopeuden ainakin useampien datavirtojen yhdistämisellä
- + Ei vaadi käyttäjältä muuta kuin päätelaitteen verkon käyttämiseksi
- Yksi EDGE- yhteys ei riitä monelle matkustajalle
- Peittoalueet rajoittuvat kaupunkeihin, eikä operaattoreilla ole välttämättä intressejä laajentaa verkkoa

5.3 3G –verkko (UMTS)

Kolmannen sukupolven matkapuhelinverkot tunnetaan Suomessa nimellä UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). UMTS on valittu kolmannen sukupolven matkapuhelinstandardiksi myös muualla Euroopassa. Vielä joitakin vuosia sitten UMTS-verkkojen uskottiin tuovan ”mobiilin Internetin” nopeasti koko Euroopan laajuiseksi, mutta kallis hinnoittelu niin käyttökustannuksissa, tukiasemissa kuin päätelaitteissakin on aiheuttanut UMTS-verkkojen odotettua hitaamman leviämisen. Nykypäivänä tilanne alkaa olla hieman parempi ja UMTS-verkkojen peittoalue ulottuu lähes kaikkiin Suomen suurimpiin kaupunkeihin. Peittoaluekartta näkyy kuvassa 9.

UMTS- verkoissa saavutettava tiedonsiirtonopeus on huomattavasti EDGE- ja GSM/GPRS-verkkoja suurempi. Teoreettinen enimmäisnopeus on 2Mbps, mutta tämän hetken verkoissa käytännön nopeudet rajoittuvat 384kbps tasolle. Yhteysnopeudet laskevat tukiasemasta etäännyttäessä, ja enimmäisnopeus voidaan saavuttaa ainoastaan tukiaseman välittömässä läheisyydessä. Liikkuvissa kohteissa, kuten junissa, UMTS-tekniikalla suurin mahdollinen saavutettava tiedonsiirtonopeus on 384kbps.

UMTS-palveluiden vähäisen suosion yhtenä syynä on pidetty datapalveluiden korkeita käyttömaksuja. Laskutus, joka perustuu siirrettyyn datamäärään, nostaa käyttökustannukset helposti huomattavan suuriksi, eikä käyttö ole mielekästä. Junien laajakaistoittamisen yhteydessä siirrettyyn datamäärään perustuva hinnoittelu voi tulla kalliiksi.

UMTS-verkkojen peittoalue rajoittuu lähinnä kaupunkeihin, eli UMTS-tekniikka soveltuu huonosti käytettäväksi junien laajakaistoittamiseen ainakaan ensisijaisena yhteytenä. UMTS-verkkojen peittoaluetta laajennetaan jatkuvasti, mutta laajentuminen on maltillista, ja tapahtuu pääasiallisesti kaupunkialueilla. UMTS-verkkojen laajentuminen rautateiden varsille tulee viemään useita vuosia, eikä verkon voida odottaa laajentuvan missään vaiheessa koko Suomen laajuudelle.

- + Nopein käytössä oleva matkapuhelinteknologia (384kbps)
- + Mahdollinen tekniikka varayhteydeksi kaupunkialueilla
- Käyttökustannukset suuria tietomääriä siirrettäessä
- Tukiasemia ainoastaan asutusalueilla
- Leviää hitaasti haja-asutusalueille, kuten rautateiden varsille

5.4 HSDPA- ja HSUPA- tekniikat

HSDPA- (High-Speed Downlink Packet Access) ja HSUPA- (High-Speed Uplink Packet Access) tekniikat ovat samanlaisia päivityksiä 3G- verkkoon, kuin EDGE oli GPRS- verkkoihin. HSDPA ja HSUPA-päivityksien on luvattu voivan jopa kolminkertaistaa 3G-verkkojen tiedonsiirtonopeudet. Erityisesti yhteyden myötäsuunnan tiedonsiirtonopeuksia nostamaan kehitetty HSDPA-tekniikka on kiinnostava mahdollisuus junien laajakaistoittamista ajatellen.

Teoreettiseksi enimmäisnopeudeksi HSDPA-tekniikalle on luvattu 14Mbps, joka käytännön käytössä rajoittuu 300kbps-2Mbps nopeuksiin. Ensimmäisten HSDPA-tekniikan mukaisten laitteiden on määrä tulla markkinoille vuoden 2005 lopussa ja vuoden 2006 alussa.

Hyvistä tiedonsiirtonopeuksista huolimatta HSP-tekniikat eivät ole potentiaalisia junien laajakaistoittamiseen. HSP-päivitykset voidaan tehdä Suomessa ainoastaan UMTS-tukiasemiin, joita on lähinnä asutusalueilla, kuten kaupungeissa. Operaattoreiden halu investoida HSP-

päivityksiin on myös hieman epävarmaa, sillä tällä hetkellä UMTS-palveluillakaan ei ole operaattorien toivomia käyttäjämääriä.

- + Korkeat yhteysnopeudet
- Tekniikat vielä kehitteillä
- Peittoalue rajoittuu UMTS- tukiasemiin, joita vain kaupungeissa

5.5 Langaton lähiverkko (IEEE 802.11a/b/g)

Langaton lähiverkko (Wireless Local Area Network – WLAN) kehitettiin aikanaan yhdistämään toimiston tietokoneet langattomasti toisiinsa, mutta tekniikan kehittyttyä sen sovellutukset ovat ulottuneet huomattavasti laajemmalle alueelle.

Langattoman lähiverkon tekniikkaa voidaan käyttää esimerkiksi yrityksen kahden toimipisteen yhdistämiseen silloin, kun se ei kaapeleita käyttäen ole mahdollista. Euroopassa käytettävillä lähetystehoilla (100 mW EIRP) ja suunta-antenneilla voidaan saavuttaa muutamien kilometrien kiinteä point-to-point siirtoetäisyys. Yhdysvalloissa, jossa voidaan käyttää suurempaa lähetystehoa, voidaan saavuttaa jopa yli kymmenen kilometrin etäisyyksiä. Tämä on kuitenkin mahdollista ainoastaan silloin, kun yhdistettävien kohteiden välillä on näköyhteys eli LOS (Line Of Sight).

Langattomia lähiverkkostandardeja on kolme, joista IEEE 802.11b ja 802.11g toimivat 2.4 GHz alueella, ja IEEE 802.11a standardi 5 GHz taajuudella. Standardien välillä on eroja siirtonopeuksissa, moduloinnissa, kantamassa sekä sallituissa lähetystehoissa.

Eri standardeja käytettäessä tiedonsiirron enimmäisnopeudet vaihtelevat 11-54Mbps välillä, jotka ovat kuitenkin vain fyysisen kerroksen tiedonsiirtonopeuksia. Tiedonannon yms. merkkiliikenteen jälkeen varsinaiseen dataliikenteeseen jää tiedonsiirtokapasiteetista käytettäväksi noin 55-60%, jolloin todellisen tiedonsiirron enimmäisnopeudet ovat 5.5-24 Mbps luokkaa.

Kaikki langattomat lähiverkot toimivat ns. ISM- taajuuksilla (Industry, Scientific, Medical), joiden käyttämiseen ei tarvita erillistä lupaa. Langattomien lähiverkkojen käyttö erilaisissa sovellutuksissa onkin ollut suosittua, sillä langattoman verkon voi pystyttää kuka tahansa ilman merkittäviä valmisteluja tai taajuuslupien hankkimista. Vapaasta taajuudesta ei kuitenkaan ole vain hyötyä. Huonot puolet tulevat esiin mm. alhaisen lähetystehon ja samalla taajuudella toimivien rinnakkaisten järjestelmien aiheuttamien häiriöiden muodossa. IEEE 802.11b ja 802.11g verkot toimivat 2.4 GHz taajuusalueella, jossa lähetysteho on rajoitettu 100 milliwattiin. 5 GHz taajuusalueella voidaan käyttää 1 watin lähetystehoa, joka on silti vähäinen verrattuna esimerkiksi GSM-tukiasemien 15-60watin lähetystehoon. Alhaisista lähetystehoista, moduloinnista ja osin myös taajuusalueesta johtuen langattoman lähiverkon käyttö pidemmällä yhteysväleillä vaatii näköyhteyden. Mitä enemmän kohteiden välillä on esteitä, esimerkiksi metsää, sen lyhyempi täytyy yhteysväli olla, että yhteys pystytään muodostamaan.

Erityisesti vaatimus näköyhteydestä tekee langattoman lähiverkon käytön junien laajakaistoittamisessa haasteelliseksi. Radan lähistöllä sijaitsevat GSM-mastot ovat sen verran etäällä, että radan vierustalla kasvava metsä estää näköyhteyden GSM-mastoihin. Tällöin ainoa paikka tukiasemien sijoittamiseen on radan varsi, jonne yhteys voidaan tuoda esim. valokuidun avulla. Ongelmia syntyy myös radan jatkuvasta mutkittelusta, jonka myötä tukiasemat pitäisi sijoittaa niin lähelle toisiaan, että kustannukset kasvaisivat liikaa.

Langaton lähiverkko voi mahdollisesti toimia toteutustekniikkana sellaisissa ympäristöissä, joissa muiden tekniikoiden käyttö on mahdotonta tai liian kallista. Esimerkiksi rautatieasemille ja niiden läheisyyteen junien laajakaistayhteyden toteutus langattoman lähiverkon avulla on mahdollista. Tekniikka on edullista ja sen avulla pystytään saavuttamaan hyviä tiedonsiirtonopeuksia kohteen ollessa paikallaan tai liikkeessa hitaasti. Pidemmille toteutusväleille langattoman lähiverkon käyttö ei ole kuitenkaan suositeltavaa, sillä vastaavia, mutta pidemmän kantaman omaavia teknologioita on jo olemassa.

- + Nopea
- + Laitteisto edullista
- Toimii ainoastaan lyhyillä etäisyyksillä ilman näköyhteyttä
- Lähetystehorajoitukset

5.6 WiMAX –verkko (IEEE 802.16)

IEEE:n standardoimaa 802.16 teknologiaa, joka tunnetaan myös WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) teknologiana, on odotettu soveltuvan erityisesti pitkien matkojen langattomaan tiedonsiirtoon. Nyt WiMAX:n eräs osa-standardi on saatu valmiiksi, ja testeissä on käynyt ilmi, että yhteys pystytään muodostamaan myös ilman näköyhteyttä, jopa kohtuullisen pitkille yhteysväleille. WiMAX toimii langattoman lähiverkon tavoin tukiasemakeskeisesti, eli verkon keskellä on tukiasema, jonka kanssa verkon päätelaitteet asioivat. WiMAX toimii langattomasta lähiverkosta poiketen luvan varaisilla taajuuksilla, eli verkon pystyttämiseen tarvitaan lupa.

WiMAX -teknologia jakautuu eri osa-standardeihin, ja parhaiten tällä hetkellä tunnetaan jo hyväksytty 802.16-2004. Se on kiinteiden kohteiden verkottamiseen tarkoitettu tekniikka, jolle valmistettavat laitteistot toimivat tällä hetkellä pääasiassa 3.5 GHz taajuusalueella. Muita WiMAX-tekniikalle suunniteltuja taajuusalueita ovat mm. 5.8 GHz, ja 2.5 GHz. Ongelmallista on, että taajuuslupien saatavuus vaihtelee maakohtaisesti, eikä samojen taajuuksien käyttäminen kaikissa maissa tule olemaan mahdollista. Ainakin toistaiseksi 3.5 GHz on Suomessa ainoa WiMAX-verkoille osoitettu taajuus.

WiMAX-tekniikan suurin etu langattomiin lähiverkkotekniikoihin verrattuna on sen soveltuvuus langattomien tietoliikenneyhteyksien luomiseen myös silloin, kun näköyhteyttä kohteiden välille ei voida muodostaa. Tämä johtuu osittain modulointitekniikasta, mutta myös siitä, että ainakaan Suomessa lähetystehoa ei ole rajattu 3.5 GHz taajuudella muuten kuin säädöksellä ”Radioaallot eivät saa aiheuttaa muutoksia ihmiskehoon.”

Vaikka tekniikka on toistaiseksi selkeästi kalliimpaa kuin langattoman lähiverkon tekniikka, on WiMAX-tekniikan etu junien laajakaistoittamisessa yhden tukiaseman avulla saavutettava laaja peittoalue. Esiselvityksessä mukana olleet asiantuntijatahot toteavat, että heidän omien kokeilujensa perusteella WiMAX-tekniikan kantama on noin viiden kilometrin luokkaa silloin, kun tukiaseman ja päätelaitteen välissä on normaalia metsämaastoa. Näköyhteydellä kantama voi olla jopa kymmeniä kilometrejä, mutta kun juna on kyseessä, on näköyhteys lähinnä hetkellinen ilmiö.

WiMAX-tekniikalla saavutettavat yhteysnopeudet ovat enimmillään n. 75Mbps, mutta kuten muillakin tekniikoilla, saavutetaan tämä nopeus vain optimiolosuhteissa. Junan tapauksessa yhteysnopeutta on mahdotonta ennakoida tarkalleen, sillä tarkan radioteknisen mallinnuksen

tekeminen junan ympäristöön on vaikeaa, ellei jopa mahdotonta. Esiselvityksessä mukana olleet asiantuntijat arvioivat mahdollisen yhteysnopeuden olevan 1-3Mbps väliltä.

WiMAX-teknologiasta on olemassa useita eri standardeja, ja liikkuviin kohteeseen tarkoitettu IEEE 802.16e on valmistumassa vasta vuoden 2005 lopussa. Tällä hetkellä markkinoilla olevat 802.16-2004-standardin mukaiset WiMAX-laitteet on tarkoitettu kiinteille yhteyksille. 802.16-2004-standardin mukaiset laitteet eivät tue tukiasemien välistä siirtymistä (handover). Tukiasemien välinen siirtyminen on kuitenkin mahdollista suorittaa manuaalisesti, ja mm. Englannissa on jo toteutettu tällä tavoin toimiva WiMAX-verkko junakäyttöön. Liikkuvaan käyttöön tarkoitettun WiMAX-standardin tämän hetkinen keskeneräisyys ei siis välttämättä estä WiMAX-tekniikan käyttöä junien laajakaistoittamisessa, vaan se voidaan nähdä junien laajakaistoittamisen kannalta hyvinkin potentiaalisena tekniikkana.

Tukiasemat voidaan sijoittaa esimerkiksi junarataa ympäröiviin GSM- ja radiomastoihin. Vaikka WiMAX-laitteet ovat vielä kalliita esimerkiksi langattoman lähiverkon päätelaitteisiin verrattuna, odotetaan hintojen laskevan kun laitteistojen massatuotanto aloitetaan. Eri valmistajien WiMAX-laitteistojen yhteensopivuudesta vastaava WiMAX Forum on jo pystyttänyt testilaboratorion, jossa eri valmistajien WiMAX-laitteiden yhteensopivuutta on tarkoitus testata. Mikäli testit saadaan suoritettua ja lopputulokset ovat hyviä, niin testatuille laitteille myönnetään WiMAX-sertifikaatti, joka takaa toimivuuden muiden WiMAX-laitteiden kanssa. Sertifikaattien hankkimisen jälkeen valmistajat aloittavat laitteiden massatuotannon. Ensimmäiset testilaboratorion testit on tarkoitus tehdä kesän 2005 aikana.

WiMAX-teknologialle on asetettu varsin suuria odotuksia, koska sitä on mainostettu pitkän aikaa ennen standardien julkistamista. Lopullisen aseman langattoman tiedonsiirron markkinoilla WiMAX:lle asettavat kuluttajat. WiMAX-teknologiaan on kuitenkin panostettu paljon, ja sen takana on lukuisia suuria ICT-alan yrityksiä. Mikäli näiden yritysten päämäärät toteutuvat, tulee WiMAX olemaan laajasti käytetty teknologia. Tämä näkyisi mm. päätelaitteiden alhaisina hintoina ja laitteistojen tehokkaana kehityksenä.

- + Ei vaadi näköyhteyttä toimiakseen
- + Hyvät siirtonopeudet
- Liikkuvaan käyttöön tarkoitettun WiMAX-standardin kehitystyö on kesken

5.7 450MHz –taajuusalueelle soveltuvat teknologiat

450MHz-taajuusalueelle soveltuvia datakäyttöön tarkoitettuja teknologioita ovat mm. Flash-OFDM- ja CDMA2000(CDMA450)-tekniikat. Näistä kumpaakaan ei ole kehitetty ainoastaan 450Mhz-taajuusalueelle, ja tekniikoiden mukaisia päätelaitteita onkin valmistettu useille eri taajuuksille. Pohjoismaissa sekä joissakin Euroopan maissa 450MHz-taajuusalue on kuitenkin päätetty myöntää langattomaan datakäyttöön mm. haja-asutusalueiden laajakaistoittamiseksi. Tähän kyseinen taajuus soveltuukin erinomaisesti signaalin hyvästä kantomatkasta johtuen. Suomessa kukaan 450Mhz toimiluvan hakijoista ei ilmoittanut käyttävänsä TD-CDMA-tekniikkaa, joten sitä ei käsitellä tässä lainkaan.

Flash-OFDM- ja CDMA450-tekniikat poikkeavat toisistaan merkittävästi. Flash-OFDM on kehitetty pakettikytkentäisyyttä ajatellen täysin IP-pohjaiseksi, kun taas CDMA450-tekniikka perustuu matkapuhelinarkkitehtuuriin. Tästä johtuen verkkojen toiminnassa on jonkin verran eroja.

Siitä huolimatta tekniikoilla saavutettavat tiedonsiirtonopeudet ovat samaa tasoa. Flash-OFDM mahdollistaa keskimääräisesti 1-1.5Mbps ja CDMA450 0.6-2Mbps tiedonsiirtonopeudet tukiasemalta käyttäjälle päin. Tiedonsiirron teoreettinen enimmäisnopeus myötäsuuntaan on molemmissa tekniikoissa hieman yli kolme megabittiä. Tekniikoiden välillä suuremmat erot ovat yhteyden paluusuunnan nopeuksissa. Flash-OFDM-tekniikassa nopeus on enimmillään 0.7Mbps. CDMA450-tekniikassa voidaan saavuttaa enimmillään 0.2Mbps nopeus.

Tiedonsiirtonopeuksien lisäksi tekniikoiden käytännön toiminnassa on eroja. Flash-OFDM-tekniikan pakettikytkentäisyys mahdollistaa mm. liikenteen tehokkaan priorisoinnin. Erityisesti verkon ruuhkautuessa siitä on paljon hyötyä. Flash-OFDM-tekniikan eduksi voidaan laskea myös CDMA450-tekniikkaa pienempi verkon vasteaika, joka on Flash-OFDM-tekniikassa keskimäärin 50-70 millisekuntia ja CDMA450-tekniikassa 150-250 millisekuntia. Tekniikoiden välillä on eroja myös yhteyden aktivointiin kuluva ajassa. CDMA450-tekniikan yhteysaktivointi on kaksivaiheinen, mutta Flash-OFDM-tekniikassa aktivointiin on varattu kolme eri vaihetta. Kolmivaiheisen yhteysaktivoinnin avulla Flash-OFDM-tekniikalla yhteysaktivointi voidaan suorittaa tietyissä tilanteissa hieman CDMA450-tekniikkaa nopeammin. Verkon yhtäaikaisten aktiivisten käyttäjien määrä yhden antennien alueella voi olla Flash-OFDM-tekniikalla noin 125 käyttäjää, kun CDMA450-tekniikassa vastaava arvo on 16-30 käyttäjää. Molemmat tekniikat tukevat tukiasemasta toiseen siirtymistä ja käyttöä liikkuvassa kohteessa.

Suomessa ainoastaan yhdellä operaattorilla, Digitalla, on toimilupa rakentaa 450MHz taajuudella toimiva digitaalinen matkaviestintäverkko. Siinä voi olla sekä matkaviestintä-, että tiedonsiirtopalveluita. Toimiluvan myöntämisen ehtona oli hakijoiden sitoumus rakentaa verkko erityisesti niille alueille, joille laajakaistayhteyksiä ei ole saatavilla. Toimiluvan hakijat ovat kuitenkin katsoneet, että verkon rakentaminen ainoastaan haja-asutusalueille ei ole mielekäs liiketoimintamalli. Jokainen toimilupaa hakenut operaattori korostikin hakemuksissa rakentavansa verkon lähes koko maan laajaiseksi, jolloin se ulottuisi myös rautateiden varsille.

Liikenne- ja viestintäministeriö edellyttää toimiluvassa, että verkko rakentuu ensisijaisesti hakijan ilmoittamaa tekniikkaa käyttäen. Muiden tekniikoiden käyttäminen ei ole mahdollista, ja niiden käyttöönotto vaatisi muutoksia liikenne- ja viestintäministeriön myöntämään toimilupaan. Digita haluaa myös rakentaa verkon peittoalueesta mahdollisimman laajan ja kattavan, jolloin useiden eri tekniikoiden käyttäminen ei ole edes liiketaloudellisesti tehokasta.

Tulevan 450Mhz taajuusalueella toimivan matkaviestintäverkon käyttämiseen vaaditaan käyttäjältä vain sopiva päätelaite. Verkon solusäteet voi olla jopa yli 20km, ja signaalin pitäisi kuulua etäälläkin tukiasemasta. Mikäli Flash-OFDM-verkko tulee kuulumaan myös rautateiden varsilla, se on tehokas työkalu junien laajakaistoittamiseen.

Verkon peittoalueet suunnitellaan alkuvaiheessa ensisijaisesti kiinteiden kohteiden käyttöä ajatellen. Tekniikka mahdollistaa käytön myös liikkuvissa kohteissa aina 250km/h nopeuteen asti, mutta jotta verkko toimisi luotettavasti liikkuvassa käytössä, se vaatii täydennyksiä lisätukiasemien ja -antennien muodossa. Suurimmat kustannukset verkon rakentamisessa syntyvät peittokartoissa esitellyn perusinfrastruktuurin luomisesta, jonka jälkeen kuuluvuuden optimointi esimerkiksi junaratoja varten on edullisempaa. Verkon kuuluvuutta voidaan mitata tulevaisuudessa käytännön testeillä.

450MHz matkaviestinverkon suurin heikkous esim. WiMAX-tekniikkaan verrattuna on sen pienemmästä taajuuskaistasta johtuva alhaisempi nopeus ja samasta syystä johtuva tiedonsiirron alhaisempi kapasiteetti. Ulkomailla Flash-OFDM-tekniikkaa on koekäytetty 5MHz taajuuskaistalla,

jolloin tiedonsiirtonopeudet ovat olleet huomattavasti korkeampia. Verkon kapasiteettirajoitukset johtuvat siis Digitalle myönnetystä kapeasta taajuuskaistasta, eivätkä niinkään Flash-OFDM-tekniikasta.

Mikäli verkossa tulee olemaan paljon käyttäjiä, voidaan verkon ruuhkautuminen nähdä selvänä uhkana. Verkon rakentamisen alkuvaiheilla verkon peittoalueeseen tullaan panostamaan enemmän kuin verkon tiedonsiirtokapasiteettiin. Tämän seurauksena solukoot ovat isoja, ja yhden solun alueelle saattaa sijoittua käyttäjiä laajoilta alueilta. Erityisesti suurilla asutusalueilla kuten kaupungeissa, verkossa voi olla liikaa käyttäjiä, jolloin käyttäjäkohtaiset siirtonopeudet laskevat.

+ 450 MHz taajuudella signaalin hyvä kantomatka

+ Verkko rakennetaan joka tapauksessa, vähäiset investoinnit verkkoinfrastruktuuriin

- Vähäinen taajuuskaista ja siitä aiheutuvat rajoitukset langattomalle tiedonsiirrolle

5.8 Satelliittiyhteys

Ruotsalainen Icomera ja Kanadalainen PointShot tarjoavat satelliittipohjaista ratkaisua junien laajakaistoittamiseen. Satelliitin käyttö junien laajakaistoittamisessa on sikäli kiinnostava vaihtoehto, että erillistä verkkoinfrastruktuuria ei tarvitsisi rakentaa lainkaan; riittää, että junat on varustettu satelliittivastaanottimella. Satelliittiratkaisuissa täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että satelliitti toimii ainoastaan sisään tulevalle liikenteelle, joten ulospäin suunnattua liikennettä varten täytyy varata esimerkiksi GPRS-yhteys. Yhteyden paluuliikenteeseen olisi mahdollista käyttää satelliittia, mutta siihen tarkoitetun laitteiston asentaminen junaan on ainakin toistaiseksi kustannustehokkaasti mahdotonta. Kaksisuuntainen satelliittiliikenne maksaa myös huomattavasti enemmän, eikä myötäsuunnan liikenteeseen verrattuna vähäisten tietomäärien siirtoon tarvita niin tehokasta yhteyttä.

Satelliittiyhteydellä voidaan saavuttaa kuluttajakäytössä tänä päivänä maksimissaan 10Mbps tiedonsiirtonopeus, joka junien laajakaistoittamista ajatellen on riittävä. Yhdistämällä useampia satelliittiyhteyksiä on nopeutta mahdollista kasvattaa jopa suuremmaksi, mutta pelkästään yhden 10Mbps satelliittiyhteyden käyttäminen on kallista. Satelliittien käyttömaksut kasvavat yhteysnopeuden mukaan, eikä kustannustehokkaasti ole mielekästä käyttää yli 1Mbps nopeuksia.

Tietoliikennesatelliitit ovat geosynkronisilla radoilla (geosynchronous orbit, GEO) 36,000 kilometrin korkeudessa. Kyseisestä etäisyydestä syntyy satelliittiyhteyteen noin 240ms:n viive, kun signaali kulkee satelliittiin ja sieltä takaisin maahan. Mikäli GPRS-verkkoa käytetään paluukanavana, syntyy järjestelmään GPRS:n myötä vielä 300-400ms lisäviive. Satelliittiin pohjautuvissa ratkaisussa yhteysviive on siis huomattavasti muita järjestelmiä suurempi. Tämä viive vaikuttaa kaikkiin sovelluksiin. Tavalliselle Internet-käyttäjälle viive näkyy huomattavana kasvuna odotusajoissa.

Koska satelliitit kiertävät maata päiväntasaajan yläpuolella, on vastaanotin suunnattava sitä alemmaksi horisonttiin, mitä pohjoisemmaksi mennään. Tästä johtuen satelliittipohjaiset ratkaisut eivät toimi Icomeran käyttämillä satelliiteilla Jyväskylää pohjoisemmassa. Icomera kuitenkin uskoo, että pohjoiseen käyttöön suunnatuilla satelliiteilla yhteys on mahdollista saada toimimaan koko Suomessa.

Sonera [1] kertoo testanneensa satelliittivastaanottimien käyttöä laajakaistayhteyden tuomiseen

haja-asutusalueille. Testeissä oli käytetty pohjoisille alueille säteileviä satelliitteja, joiden avulla yhteys oli saatu toimimaan jopa Suomen pohjoisimmissa osissa. Vaikka satelliitit oli tarkoitettu erityisesti pohjoisille alueille, piti vastaanottimet suunnata matalalle horisonttiin, ja Soneran kokemuksien mukaan satelliittivastaanottimen korotuskulma on noin 15-astetta Jyväskylän korkeudella. Tällöin näköyhteyden muodostaminen satelliittiin pelkästään kiinteistä asennuspaikoista voi olla ongelmallista, saati jos yhteyttä yritetään muodostaa metsien keskellä kulkevaan junaan.

Pendolinojen kierrosta johtuen jokainen juna pitäisi varustaa omalla satelliittivastaanottimella. Laitteistohinnat ovat kuitenkin niin korkeita, että tarvittavat investoinnit tulisivat olemaan yli miljoona euroa. Vaikka kyseinen hinta sisältää myös junien sisäisen verkon laitteiston, voidaan sitä siitä huolimatta pitää kalliina. Vuosittaiset käyttömaksut 1Mbit yhteysnopeudella ovat myös niin korkeita, että tukiasemiin pohjautuvaan ratkaisuun investoidut rahat tuovat itsensä takaisin säästöjen muodossa muutamassa vuodessa.

Kustannuksia ja teknisiä ominaisuuksia arvioitaessa sekä pohjoisen sijaintimme huomioon ottaen satelliittiyhteys ei tarjoa sellaista ratkaisua, että sen käyttö junien laajakaistoittamisessa olisi perusteltua.

- + Jopa 10Mbit/s yhteysnopeus
- + Ei tarvitse rakentaa verkkoa, pelkkä vastaanotin riittää
- Kohtuullisen kallis
- Yhteyden toiminta epävarmaa satelliittiyhteyden vaatimasta näköyhteydestä johtuen
- Suurehko latenssi

5.9 IEEE 802.20 Mobile Broadband Wireless Access -teknologia

Kehitteillä olevan IEEE 802.20-standardin kantavana ajatuksena on ”vehicular mobility”, jolla tarkoitetaan ajoneuvojen laajakaistoittamista. Standardointityö on tällä hetkellä vielä kesken ja se on tarkoitus saattaa valmiiksi vuoden 2006 loppuun mennessä [2]. Aikatauluun saattaa kuitenkin tulla vielä viivytyksiä, joita on ilmennyt muiden standardien kehitystyön yhteydessä.

Työryhmän tavoitteena on luoda standardi, jonka mukaiset laitteet toimisivat alle 3.5 GHz taajuuksilla aina 250km/h nopeuteen saakka. Tiedonsiirtonopeuden on luvattu olevan myötäsuuntaan enimmillään 18Mbps ja tekniikan on luvattu tukevan tukiasemien välistä siirtymistä (handover).

Koska kehitystyö on yhä kesken, menee tekniikan käyttöönottamiseen vielä aikaa, eikä 802.20 ole tällä hetkellä realistinen valinta junien laajakaistoittamiseen käytettäväksi tekniikaksi.

- + Soveltuisi mainiosti ajoneuvojen laajakaistoittamiseen
- Standardi valmistuu aikaisintaan 1,5 vuoden kuluttua
- Tekniikan käyttöönottoon menee vielä enemmän aikaa

5.10 Digi-TV-verkon hyödyntäminen

Liikenne- ja viestintäministeriö on julkaissut esiselvityksen [3], jossa tutkittiin mahdollisuutta

toteuttaa laajakaistayhteyden myötäsunta digi-tv-verkon avulla. Paluusuunnan toteuttamiseen digi-tv-verkkoa ei voida käyttää, joten digi-tv-internet vaatii toimiakseen esimerkiksi kapeakaistaisen puhelinverkon avulla toteutetun paluuyhteyden. Digi-tv-internetin vahvuutena voidaan pitää digi-tv-verkon laajaa peittoaluetta. Vuoden 2006 loppuun mennessä maanpäällisen digi-tv-verkon (DVB-T) piiriin arvioidaan kuuluvan 99 % Suomen kotitalouksista.

Esiselvityksen ohessa suoritettiin pilottikokeilu, jossa rakennettiin pieni testiverkko tutkitun ratkaisun teknisen toimivuuden varmentamiseksi. Pilotissa saavutettiin parhaimmillaan noin 1Mbps tiedonsiirtonopeus sisään tulevalle liikenteelle, kun keskimääräiset nopeudet olivat noin 256 kilobittia sekunnissa. Kokeilussa havaittiin, että käytännön toteutuksessa tarvittavat laitteet eivät olleet erityisen luotettavia, ja että niiden saatavuus oli heikkoa. Digita on raportoinut myös pilotin jälkeisistä kokeiluista, joissa yhteyden paluusuunta on toteutettu GPRS-verkon avulla tavallisen piirikytkentäisen puhelinverkon sijasta. GPRS-tekniikkaa käytettäessä verkkoviive muodostui liian suureksi ja yhteys toimi heikosti. Verkkoviive on kuitenkin teknisesti hallittavissa, mistä ovat osoituksena esim. satelliittiyhteyksiin perustuvat Internet-palvelut.

Pilotoidulla ratkaisulla voidaan saavuttaa muutaman megabitin lähetinkohtainen jakelukaista nykyisessä operatiivisessa digi-tv-verkossa. Suurempien nopeuksien saavuttamiseksi verkkoa pitäisi muokata ja laajentaa, mikä edellyttäisi merkittäviä taloudellisia investointeja. Ainakin Suomessa muutostöihin ryhtyminen on hyvin epätodennäköistä, koska koko maan laajuudelle ulottuvan 450MHz taajuudella toimivan matkaviestintäverkon rakentaminen tullaan aloittamaan pian. Useiden samaan käyttöön tarkoitettujen verkkojen rakentaminen ei ole mielekäästä, ja tuleva 450Mhz matkaviestintäverkko soveltuu Internet-käyttöön digi-tv-verkkoa paremmin mm. yhteyden paluukanavan paremmasta toteutuksesta johtuen.

Liikkuvissa kohteissa DVB-T-verkon hyödyntäminen ei onnistu, koska tekniikka on kehitetty kiinteitä kohteita varten. Verkon peittoalue on suunniteltu siten, että vastaanottajalla on käytössä suunta-antenni. Junissa suunta-antennin käyttö ei ole kuitenkaan mutkittelusta johtuen mahdollista. Signaalin vastaanottamiselle liikkuvassa kohteessa on myös tiettyjä rajoituksia, tosin diversiteettiantennilla DVB-T-verkko selviää jopa 100km/h nopeudesta. Peittoalueen ja teknisten rajoitusten vuoksi pilotoitua mallia ei voida soveltaa junien laajakaistoittamiseen.

5.11 Vuotava kaapeli

Vuotava kaapeli on erikoiskaapeli, jota voidaan käyttää tavallisen antennin tilalla luomaan radiotaajuuskenttä paikkoihin, joihin se olisi vaikeaa tai mahdotonta järjestää tavanomaisin keinoin. Esimerkkeinä tällaisista kohteista voidaan pitää tunneleita ja kaivoskuiluja.

Langattoman tiedonsiirron suosio on viimeisen vuosikymmenen aikana kasvanut huimaa vauhtia juuri langattomuuden tarjoaman liikkumavapauden myötä. Joihinkin ympäristöihin kunnollisia langattomia peittoja on kuitenkin vaikea toteuttaa, esimerkiksi paksuista betoni- tai metalliseinistä johtuen. Metrotunnelit ovat hyvä esimerkki tällaisesta ympäristöstä. Mm. data- ja matkapuhelinyhteys pitäisi pystyä sinne kuitenkin tuomaan. Lukemattomien antennien sijaan ahtaaseen ja kapeaan tunneliin on mahdollista kiinnittää vuotava kaapeli, joka toimii antennin korvikkeena. Kaapeli säteilee ympärilleen pienitehoisen radiotaajuuskentän. Ero tavalliseen antennijärjestelyyn on, että kaapeli saadaan asennettua pieneen tilaan ja se säteilee kaikkialla missä kaapeli kulkee. Kaapelilla saavutettava peittoalue on kuitenkin niin pieni, että kohteen täytyy olla kaapelin läheisyydessä tai yhteyttä verkkoon ei pystytä muodostamaan. Langattoman lähiverkon yhteydessä säteilyetäisyys on noin 10 metriä.

Suomen rataverkoston ajatellen vuotavia kaapeleita voitaisiin käyttää radioyhteyden tuomisessa

tunneleihin. Vuotavien kaapelien avulla tietoliikenneyhteys voidaan muodostaa yhtenäiseksi, eikä tunneleissa synny katkoksia.

5.12 Useampien tekniikoiden hyödyntäminen

Useat eri tekniikat soveltuvat junien laajakaistoittamiseen, mutta niiden suotuisat käyttöympäristöt poikkeavat toisistaan. Esimerkiksi Flash-OFDM-tekniikan käyttöön myönnetty kapea taajuuskaista ei mahdollista suuria käyttäjämääriä yhden tukiaseman alueella. Tiheillä asutusalueilla, kuten kaupungeissa, verkon ruuhkautuminen on mahdollista. Optimaalinen käyttöympäristö on haja-asutusalue, jossa matala radiotaajuus takaa signaalin pitkän kantaman, eikä verkossa ei ole ”liikaa” käyttäjiä.

Leveäkaistainen WiMAX-tekniikka mahdollistaa Flash-OFDM:ää paremmat tiedonsiirtonopeudet, mutta signaalin kantama on vastaavasti heikompi. WiMAX-verkoille ei tulla myöskään rakentamaan maanlaajuisia peittoalueita, kuten Flash-OFDM-verkolle. Tästä johtuen WiMAX:lle optimaalisempia käyttöympäristöjä ovat kaupunki- ja taajama-alueet.

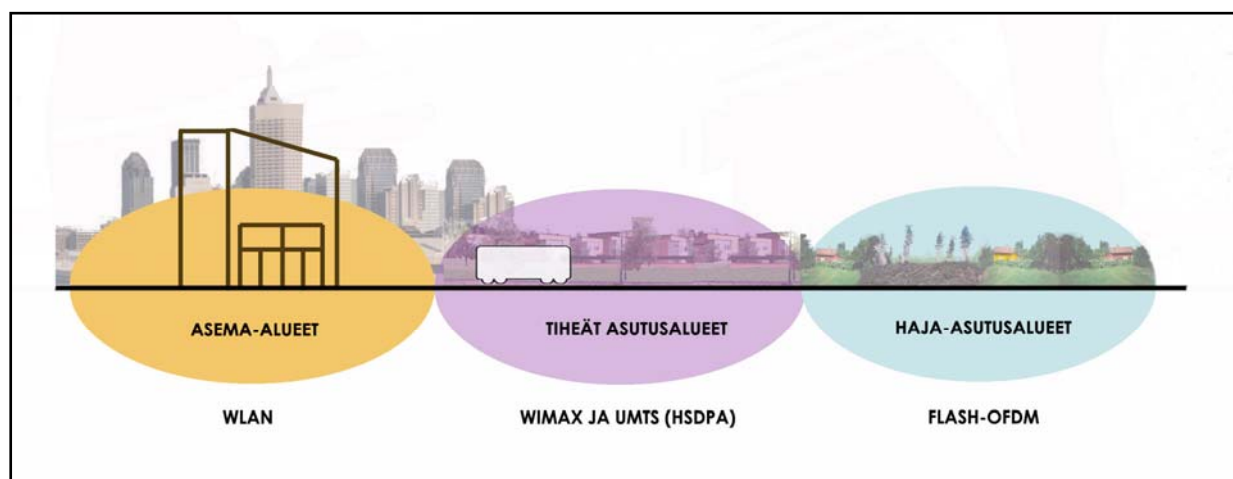
WiMAX-verkkoja on toistaiseksi vasta muutamissa kaupungeissa. WiMAX-verkkojen osalta puutteellisissa kaupungeissa olisi mahdollista käyttää Flash-OFDM-tekniikan sijasta UMTS-verkkoja, jos näin saavutettavat tiedonsiirtonopeudet olisivat parempia. Tiedonsiirtonopeuksia on kuitenkin hankala arvioida ennen käytännön testejä. UMTS-verkkoihin tulevaisuudessa tehtävät HSDPA-päivitykset tulevat nostamaan UMTS-verkkojen tiedonsiirtokapasiteettia huomattavasti.

Langaton lähiverkko soveltuu erityisesti pinta-alaltaan suppeiden alueiden verkottamiseen, sillä sen avulla voidaan toteuttaa edullisesti suurella tiedonsiirtokapasiteetilla varustettu tietoliikenneverkko. Junaympäristössä pinta-alaltaan pienet, mutta katetut alueet rajoittuvat pääasiassa rautatieasemiin ja tunneleihin.

Edellä esitellyistä ominaisuuksista johtuen eri tekniikat soveltuvat käytettäväksi eri ympäristöissä. Flash-OFDM-tekniikalla on mielekästä toteuttaa erityisesti haja-asutusalueet, kun WiMAX- ja UMTS-tekniikat taas soveltuvat paremmin kaupunkialueille. Langaton lähiverkko tarjoaa hyvän ja edullisen työkalun pienten alueiden, kuten rautatieasemien verkottamiseen.

Junat on tietysti mahdollista laajakaistoittaa ainoastaan yhden tekniikan avulla, mutta kustannustehokkuuteen pyrittäessä useammasta tekniikasta koostuva hybridiratkaisu on mielekkään vaihtoehto. Tällöin kutakin tekniikkaa voidaan käyttää niille ihanteellisissa käyttöympäristöissä, ja myös jo olemassa olevia verkkoinfrastruktuureja pystytään hyödyntämään.

Kuva 4. Eri tekniikat soveltuvat eri käyttöympäristöihin



5.13 Maailmalla olevia toteutuksia

Suomi ei ole ainoa maa, jossa työskennellään junien laajakaistoittamiseksi. Maailmalla on toteutettu erilaisia ratkaisuita junien tietoliikenneyhteyksien kehittämiseksi, ja esimerkiksi Englannissa on saavutettu jopa 6Mbps tiedonsiirtonopeus liikkuvassa junassa WiMAX-tekniikan avulla.

Southern-junaoperaattori on laajakaistoittanut Lontoo – Brighton – välillä pikavuoroja liikennöivän kaluston, koska se uskoo laajakaistaisen Internet-yhteyden tuovan lisää matkustajia juniin. Kyselytutkimusten mukaan monet matkustajat kokevat matkustamisen hukkaan heitetyksi ajaksi, ja Southern haluaa tehdä matkustamisesta mielekkäämpää. Nyt moni matkustaja kertooikin työskentelevänsä työmatkojen aikana päivittäin, ja näin työmatka voidaan liittää osaksi työpäivää.

Ranskan ja Belgian välillä, jopa 300km/h vauhdilla, liikennöivä luotijuna on laajakaistoitettu satelliitteihin pohjautuvaa teknologiaa hyödyntäen. Thalys-junaoperaattorin ratkaisu poikkeaa muista junien satelliittiyhteyksistä siten, että myös yhteyden paluusuunta on toteutettu satelliittiyhteyden avulla. Tällainen ratkaisu on junissa ainutlaatuinen, ja mm. Euroopan Avaruusvirasto on ollut antamassa teknistä tukea järjestelmän rakentamisessa.

Mikäli satelliittiyhteyttä käytetään hieman alhaisemmilla nopeuksilla liikennöivissä junissa, niin yhteyden paluusuunta on mahdollista toteuttaa radioverkkoihin pohjautuvaa teknologiaa hyödyntäen. Esimerkiksi Ruotsissa ja Yhdysvalloissa on toteutettu laajakaistayhteys junaan käyttäen myötäsuunnan tiedonsiirtoon satelliittiyhteyttä ja paluusuuntaan GPRS- tai 3G-verkkoja.

6. Yhteyden jakelu junan sisällä

Vaikka yhteyden tuonti junaan onkin junien laajakaistoittamisen selkeästi haastavin osa-alue, on tiettyjä haasteita myös yhteyden jakelussa junan sisällä. Vaunut ovat tiivisrakenteisia, ja yhteys pitää pystyä toimittamaan myös vaunusta toiseen. Pendolino-junien yhtenäisyydestä johtuen yhteys voidaan viedä vaunusta toiseen jopa kaapeleiden avulla, mutta ”normaalien” erillisistä vaunuista kasattavien junien kohdalla on mahdollista käyttää ainoastaan langattomia ratkaisuita.

Kuten yhteyden hyödyntämistä esitelleessä kappaleessa kerrottiin, tulisivat mahdollista laajakaistayhteyttä hyödyntämään VR ja matkustajat. Tämä edellyttää oman virtuaalisen verkon luomista sekä matkustajien että VR:n käyttöön. Samaa fyysistä kalustoa voidaan hyödyntää molempien verkkojen toteutuksessa, vaikka verkot näkyvät käyttäjille erillisinä.

Ethernet-kaapeloinnin toteuttaminen jokaiselle matkustajapaikalle on korkeiden kustannusten vuoksi epärealistista. Kaapeloinnin vaihtoehto on rakentaa langaton lähiverkko, johon käyttäjät voivat liittyä omien kannettavien tietokoneidensa avulla. Langattoman verkon edut langalliseen verkkoon verrattuna ovat huomattavasti pienemmät toteutuskustannukset ja helppokäyttöisyys. Useimmat nykyiset kannettavat tietokoneet tukevat langatonta lähiverkkoyhteyttä. Junakyselyyn vastanneista kannettavan tietokoneen omistajista 76% ilmoitti, että heidän tietokoneessaan on langattoman lähiverkon käyttömahdollisuus

Langattomaa lähiverkkotekniikkaa käyttäen junien sisälle on mahdollista toteuttaa nopea ja luotettava tiedonsiirtoverkko. Sen hyödyntämismahdollisuudet eivät rajoitu ainoastaan matkustajien Internet-käyttöön, vaan verkkoa voidaan hyödyntää esimerkiksi runkona videovalvontajärjestelmää suunniteltaessa. Langattomuus tuo liikkumavapauden käyttäjille, ja erityisesti VR:n henkilökunnan kohdalla käyttäjien liikkumismahdollisuus verkon peittoalueella on välttämätöntä. Hyvin toteutettuna langaton lähiverkko on pitkäikäinen ja se palvelee käyttäjiä pitkälle tulevaisuuteen.

7. Tietoturva

Junien laajakaistoittamisessa on järkevää hyödyntää radioverkkoihin perustuvia langattomia tiedonsiirtojärjestelmiä. Langattomat tietoverkot ovat kuitenkin alttiita tietoliikenteen salakuuntelulle, ja sitä voidaan pitää merkittävänä tietoturvauhkana myös junien laajakaistoittamisessa. Langattomassa tiedonsiirrossa käytettäviä radioaaltoja ei pystytä kätkemään salakuuntelijoilta, joten käytännössä ainoa varma tapa suojata langatonta viestintää on salata se muotoon, jota ulkopuoliset eivät ymmärrä. Radioliikenteen salakuuntelun uhka koskee paitsi junan sisälle rakennettavaa verkkoa, myös junan ja ulko-verkon välistä tietoliikennettä.

Erityisesti junahenkilökunnan tietoliikenneyhteyksien turvaaminen on tärkeää, koska henkilökunnalla on tarvetta välittää mm. luottokorttien maksuliikennettä. Matkustajien tietoliikenteen turvaaminen on myös tärkeää, mutta viime kädessä jokainen matkustaja vastaa kuitenkin itse oman päätelaitteensa tietoturvasta.

Samaa fyysistä laitteistoa voidaan käyttää molempien, sekä matkustajien että henkilökunnan, langattomien lähiverkkojen toteuttamiseen. Tällöin myös hyvin toteutettu tietoturva saadaan ulotettua molempiin verkkoihin, ja esimerkiksi jokaisen matkustajan verkkoon kirjautuminen pystytään suojaamaan.

Junan sisälle rakennettavan verkon lisäksi myös radan varrelle asennettavien tukiasemien ja junan välinen tiedonsiirto on mahdollista suojata tehokkaasti. Tukiasemissa ja junan päätelaitteissa voidaan käyttää vahvaa salausta ja autentikointia, jotka mahdollistivat hyvän tietoturvatason. Tällöin kaikki ulkoverkkoon osoitettu tietoliikenne voidaan suojata salakuuntelua vastaan, ja verkossa voidaan siirtää luottamuksellistakin tietoa. Mikäli runkoyhteyden toteuttamiseen käytetään useita eri tekniikoita, on kannattavaa käyttää yhtä keskitettyä ja suojattua ylemmän protokollakerroksen yhteyttä, joka voidaan salata ja suojata tehokkaasti.

8. Junakysely

Junamatkustajille tehtiin esiselvityksen aikana kyselytutkimus, jossa tiedusteltiin matkustajien mielipiteitä mahdollisesta laajakaistayhteydestä ja siihen liittyvistä palveluista. Tutkimus tehtiin 30.5-26.6.2005 välisenä aikana, ja sen tulokset on esitelty kokonaisuudessaan seuraavissa kappaleissa. Kyselyn tuloksien arviointia on hieman tuloksien yhteydessä, jonka lisäksi lopullinen tulkitseminen on suoritettu tuloslistauksen jälkeen.

8.1 Junakysely kokonaisuudessaan

JUNIEN LAAJAKAISTAHANKE

KYSELYTUTKIMUS MATKUSTAJILLE
30.5 – 26.6.2005

RAPORTTI

BRIEF

Jyväskylän yliopiston toimesta tehtävän ja Liikenne- ja Viestintäministeriön hallinnoiman laajakaistahankkeen tavoitteena on tutkia ja edistää junien laajakaistoittamista. Samalla hanke pyrkii vastaamaan junien työskentelyolosuhteiden parantamisen tarpeeseen. Osana Jyväskylä Yliopiston tettämää esiselvitystä junamatkustajille tehtiin kyselytutkimus, jolla selvitetään matkustajien mielipiteitä ja kiinnostusta mahdollista laajakaistayhteyttä sekä siihen liittyviä palveluita kohtaan.

TOTEUTUS

Kyselytutkimuksen kenttätyö suoritettiin Jyväskylä-Helsinki-Jyväskylä välillä kulkevilla pendolino-junissa 8.6- 24.6.05 välisenä aikana

Tutkimus tehtiin kaksiasteisena satunnaisena otantana junamatkustajille. Varsinainen kohderyhmä (eli junamatkustajat, joilla on käytettävissään kannettava tietokone) edustaa 70 prosenttia otoksesta ja loput 30 prosenttia vastaajista on mahdollista potentiaalia. 70 prosenttia vastaajista (kannettavalliset) valikoitiin haastatteleamalla ensisijaisesti matkustajia, joilla oli mukanaan kannettava tietokone. Kannettavallisten joukkoon hyväksyttiin myös vastaajat, jotka omistivat kannettavan tietokoneen, mutta kuljettivat sitä junamatkoillaan vain harvoin tai ei koskaan. Ei-kannettavalliset vastaajat valittiin satunnaisesti kaikkien matkustajien joukosta. Minimiotos 150kpl saavutettiin hyvin ja haastatteluja kertyi lopulta 167kpl.

TUTKIMUSTULOKSET

Julkaisupäivä: 30.6.2005

Kyselyyn vastannut: 167

JUNAMATKUSTUS

K1. Kuinka usein matkustatte junalla?

	Kannettavalliset		Ei-kannettavalliset	
	%	kpl	%	kpl
1 Päivittäin tai lähes päivittäin	19	23	2	1
2 1-3 kertaa viikossa	36	42	18	9
3 1-3 kertaa kuussa	31	36	30	15
4 2-6 kertaa vuodessa	13	15	46	23
5 harvemmin	1	1	4	2
0 ei vastausta				
yhteensä	100	117	100	50

K2. Mikä on matkanne tarkoitus?

	Kannettavalliset		Ei-kannettavalliset	
	%	kpl	%	kpl
1 Liikematka	69	81	20	10
2 Työmatka	23	27	16	8
3 Opiskelijamatka	4	4	22	11
4 Vapaa-ajan matka	4	5	42	21
0 ei vastausta				
yhteensä	100	117	100	50

K3. Matkustatteko nyt

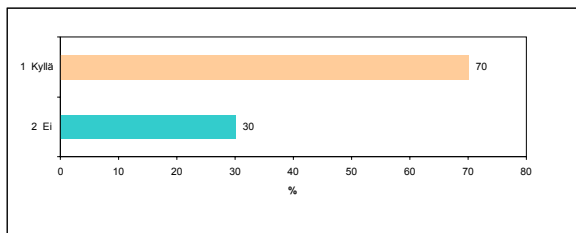
	Kannettavalliset		Ei-kannettavalliset	
	%	kpl	%	kpl
1 1-luokassa	24	28	4	2
2 2.luokassa	76	89	96	48
0 ei vastausta				
yhteensä	100	117	100	50

K4. Miten yleisimmin käytätte matka-aikanne junissa?

	Kannettavalliset		Ei-kannettavalliset	
	%	kpl	%	kpl
1 Teen töitä	73	86	10	5
2 Luen	20	23	48	24
3 Nukun	2	2	18	9
4 Muuten, miten?	3	4	20	10
0 ei vastausta	2	2	4	2
yhteensä	100	117	100	50

TIETOKONEEN KÄYTTÖ JUNAMATKALLA

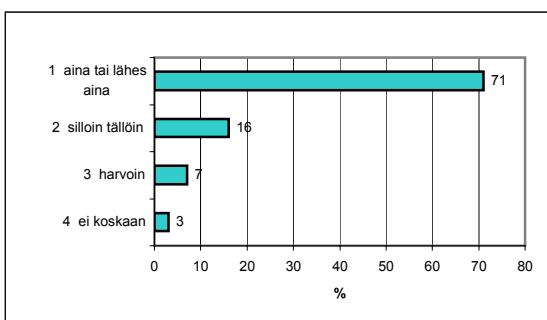
K5. Onko teillä käytettävissänne kannettava tietokone?



	%	kpl
1 Kyllä	70	117
2 Ei	30	50
yhteensä	100	167

Kysymykset K6-K8 vain kannettavallisille.

K6. Käytättekö tietokonetta junamatkojenne aikana?



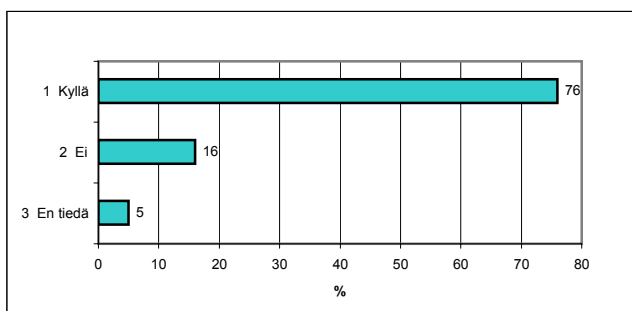
	%	kpl
1 aina tai lähes aina	71	83
2 silloin tällöin	16	19
3 harvoin	7	9
4 ei koskaan	3	3
0 ei vastausta	3	3
yhteensä	100	117

K7. Jos vastasitte "harvoin" tai "ei koskaan". Miksi ette käytä? (Ympyröikää yksi tai useampi vaihtoehto)

	%	kpl
1 Ei ole riittävästi sähköpistokkeita	22	4
2 En pääse verkkoon	33	6
3 En halua avata konetta tietoturvasyistä	6	1
4 muu syy, mikä?	39	7
0 ei vastausta		
yhteensä	100	18

Muu syy, mikä? - kysymyksen yleisimpiä vastauksia olivat mm. matkustajan oma viitseliäisyys sekä huono ergonomia. Tämän kohdan osalta on otettava huomioon, että vastaajien määrä oli hyvin pieni (18 kpl).

K8. Onko kannettavassa tietokoneessanne WLAN- käyttömahdollisuus?



	%	kpl
1 Kyllä	76	89
2 Ei	16	19
3 En tiedä	5	6
0 ei vastausta	3	3
yhteensä	100	117

PALVELUT

K9. Kuinka tärkeänä pidätte seuraavia langattoman laajakaistaverkon tuomia palveluja tai nykyisten palvelujen kehittymistä? (1=tarpeellinen, 2=jonkin verran tarpeellinen, 3=ei kovin tarpeellinen, 4=ei lainkaan tarpeellinen)

- a) Mahdollisuus langattomaan Internet-yhteyteen junissa
- b) Mahdollisuus langattomaan Internet-yhteyteen asemilla
- c) GSM-kuuluvuuden paraneminen
- d) Mahdollisuus VoIP-puheluihin (puhelut Internetin välityksellä)
- e) Ajankohtaista tietoa (esim. asemista) junissa olevien infomonitorien kautta
- f) Junamatkustajien käyttöön kosketusnäytöllä varustettu monitori

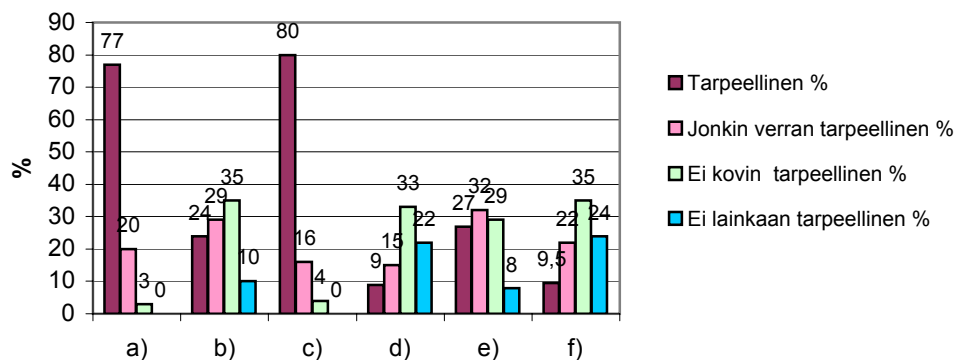
Kannettavalliset

	Tarpeellinen		Jonkin verran tarpeellinen		Ei kovin tarpeellinen		Ei lainkaan tarpeellinen		En osaa sanoa	
	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl
a)	77	90	20	23	3	4	0	0	0	0
b)	24	28	29	34	35	41	10	12	2	2
c)	80	94	16	19	4	4	0	0	0	0
d)	9	10	15	18	33	39	22	26	21	24
e)	27	31	32	38	29	34	8	9	4	5
f)	9,5	11	22	26	35	41	24	28	9,5	11

Ei-kannettavalliset

	Tarpeellinen		Jonkin verran tarpeellinen		Ei kovin tarpeellinen		Ei lainkaan tarpeellinen		En osaa sanoa	
	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl
a)	34	17	26	13	22	11	10	5	8	4
b)	22	11	20	10	30	15	18	9	10	5
c)	64	32	24	12	8	4	4	2	0	0
d)	2	1	16	8	14	7	22	11	46	23
e)	40	20	34	17	20	10	4	2	2	1
f)	6	3	46	23	26	13	16	8	6	3

Kannettavalliset



Langaton internet-yhteys junissa koettii lähes poikkeuksetta tarpeelliseksi. 97% kannettavallisista vastaajista ja 60% ei-kannettavallisista vastaajista koki langattoman internet-yhteyden junissa tarpeelliseksi tai jonkin verran tarpeelliseksi.

Internet-yhteyttä asemilla ei koettu aivan yhtä tärkeänä. 53% kannettavallisista vastaajista koki langattoman internet-yhteyden asemilla tarpeelliseksi tai jonkin verran tarpeelliseksi. Joistakin yksittäisistä vastauksista ilmeni kuitenkin, että yhteys junissa ei olisi välttämätön jos internet-yhteys asemilla olisi mahdollinen. Useat vastaajat totesivat myös, etteivät juurikaan vietä aikaa asemilla, eivätkä tämän vuoksi myöskään kokeneet tarvitsevänsä yhteyttä asemilla.

GSM-kuuluvuuden paraneminen koettiin myös lähes poikkeuksetta tarpeelliseksi. 96% kannettavallisista ja 88% ei-kannettavallisista vastaajista koki puheluiden kuuluvuuden paranemisen tarpeelliseksi tai jonkin verran tarpeelliseksi.

Mahdollisuutta VoIP-puheluihin ei koettu juurikaan tarpeellisenä. Tarpeellisenä tai jonkin verran tarpeellisenä VoIP-puheluita piti 24% kannettavallisista vastaajista. VoIP-puheluiden sisältö ja merkitys olivat luultavasti monille vastaajille epäselviä siellä "en osaa sanoa"-vastauksia kertyi yhteensä 21% kannettavallisista ja peräti 46% ei-kannettavallisista vastauksista.

Junissa olevien infomonitorien valjastaminen aktiiviseen käyttöön koettiin myös tarpeelliseksi. 59% kannettavallisista ja 74% ei-kannettavallisista vastaajista koki infomonitorien palvelut tarpeellisiksi tai jokseenkin tarpeellisiksi. Varsin ymmärrettävää tuloksen kannalta on, että kyseiset palvelut olisivat tarpeellisempia juuri sellaisille matkustajille, joilla ei ole käytettävään kannettavaa tietokonetta.

Junamatkustajien käyttöön tarkoitetut monitorit- kohta jakoi mileipiteitä tasaisesti. Toistaiseksi vielä utopiana pidettävää kosketusnäyttöllistä monitoria piti tarpeellisenä tai jokseenkin tarpeellisenä lähes 32% kannettavallisista ja jopa 52% ei-kannettavallisista vastaajista.

K10. Mitä mieltä olette Internet-yhteydesä junassa? Kertokaa omin sanoin.

Yleisesti ottaen avoimissa vastauksissa näkyi erittäin positiivinen asenne Internet-yhteyttä kohtaan. Varsinkin kannettavalliset vastaajat korostivat, että mahdollinen internet-yhteys junissa olisi tärkeä ja jopa välttämätön ominaisuus. Internet koettiin tarpeellisenä ennen kaikkea työskentelyn kannalta, ja mahdollisuus sähköpostin käyttämiseen mainittiin useissa vastauksissa hyvin tärkeänä. Moni uskoi internet-yhteyden avulla voivansa tehostaa päivittäistä työaikaansa jopa muutamalla tunnilla, sillä mahdollisen yhteyden myötä työpäivän voisi aloittaa jo junassa.

Muutamissa vastauksissa painotettiin, että internet-yhteys toisi lisäarvoa työskentelyolosuhteisiin ainoastaan jos yhteys on riittävän nopea. Hidas yhteys ei olisi tarpeellinen.

Eräs vastaaja kirjoitti, että internet-yhteys junissa olisi VR:lle tuottoisa kilpailuetu: yhteyttä kun ei muissa autoissa tai linja-autoissa ole.

Vastaajat, joilla ei ole kannettavaa tietokonetta käytettävissään, eivät useimmissa tapauksissa kokeneet internet-yhteyttä henkilökohtaisesti tärkeänä. Tästä huolimatta yhteys koettiin positiivisena asiana.

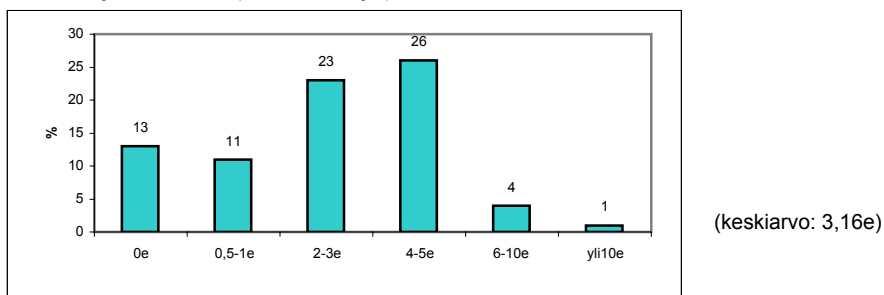
K11. Kuinka paljon olisitte valmis korkeintaan maksamaan langattomasta Internet-yhetydestä yhden junamatkan aikana (euroissa)?

Tässä kohdassa vastaukset erosivat suuresti toisistaan, ja erilaisia mielipiteitä maksutavoista tuli paljon. Yleisin vastaus oli 2-5e yhdeltä yksisuuntaiselta TRE-HKI matkalta. Vastaukset vaihtelivat 50 sentistä jopa pariinkymmeneen euroon. Monet liikematkustajat täsmensivät kuitenkin, ettei internet-yhteyden hinnalla olisi väliä, sillä yritys (työnantaja) maksaisi kulut.

Monissa vastauksissa ehdotettiin erillistä kuukausimaksu- systeemiä, jolloin internet olisi koko kuukauden käytössä esimerkiksi 20-40 euron hintaan. Jotkut vastaajat toivoivat, että yhteyden hinta sisällytettäisiin matkalipun hintaan. Jotkut vastaajat puolestaan kokivat internet-yhteyden palveluna, josta ei tulisi ottaa lisämaksua. Monet 1.luokassa matkustaneet vastaajat painottivat, että internet-yhteyden tulisi sisältyä palveluna 1.luokan lipun hintaan. Yhteys 2.luokassa olisi kuitenkin maksullinen.

Myös ehdotus matkapuhelinoperaattorien hyödyntämisestä maksutuksen yhteydessä tuli esiin eräissä vastauksissa. Joku ehdotti matkapuhelimien käytöstä tuttua siirrettyyn datamäärään perustuvaa hinnoittelua.

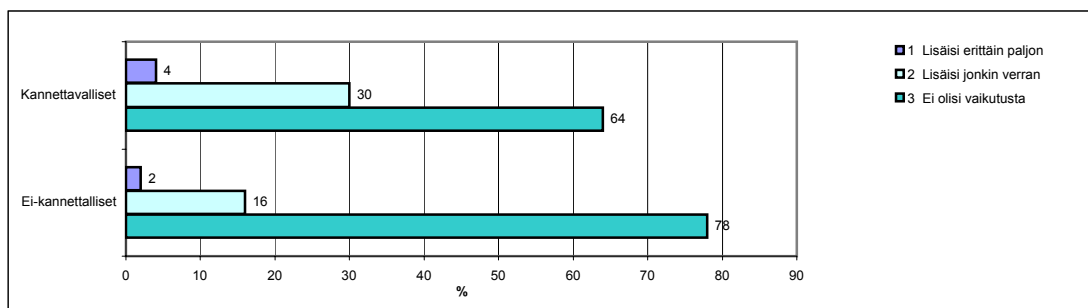
Vastausten jakautuminen (kaikki vastaajat):



	0e	0,5-1e	2-3e	4-5e	6-10e	yli10e	muut	eos	yht
%	13	11	23	26	4	1	11	12	100
kpl	21	18	38	43	7	1	19	20	167

K12. Lisäisikö mahdollisuus laajakaistaverkon tarjoamiin palveluihin matkustamistanne junalla?

	Kannettavalliset		Ei-kannettalliset	
	%	kpl	%	kpl
1 Lisäisi erittäin paljon	4	5	2	1
2 Lisäisi jonkin verran	30	35	16	8
3 Ei olisi vaikutusta	64	75	78	39
0 ei vastausta	2	2	4	2
yhteensä	100	117	100	50



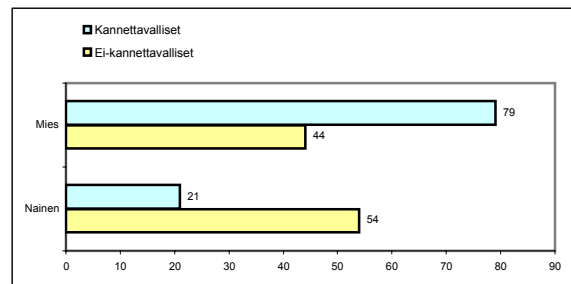
Kannettavallisista vastaajista 34% uskoo, että internet-yhteys voisi lisätä junamatkustamista erittäin paljon tai jonkin verran. Yllättävää on, että myös 18% ei-kannettavallisista vastaajista arvioi internet-yhteyden mahdollisesti lisäävän junamatkustusta.

Huomioitavaa on, että osa vastaajista, joiden junamatkustusviikkauteen internet-yhteys ei luultavasti vaikuttaisi, matkustaa jo ennestään junalla useita kertoja viikossa.

TAUSTAKYSYMYKSET

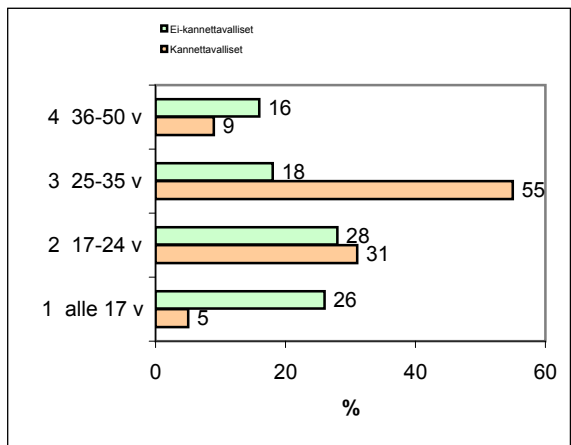
T1 Sukupuoli

	Kannettavalliset		Ei-kannettavalliset	
	%	kpl	%	kpl
Mies	79	93	44	22
Nainen	21	24	54	27
(0 ei vastausta)			2	1
yhteensä	100	117	100	50



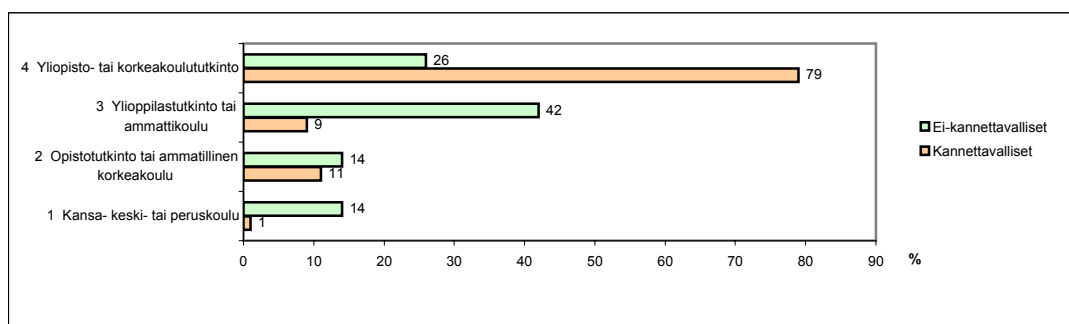
T2 IKÄ

	Kannettavalliset		Ei-kannettavalliset	
	%	kpl	%	kpl
1 alle 17 v			8	4
2 17-24 v	5	6	26	13
3 25-35 v	31	36	28	14
4 36-50 v	55	64	18	9
5 51-65 v	9	11	16	8
6 yli 65 v			4	2
(0 ei vastausta)				
yhteensä	100	117	100	50



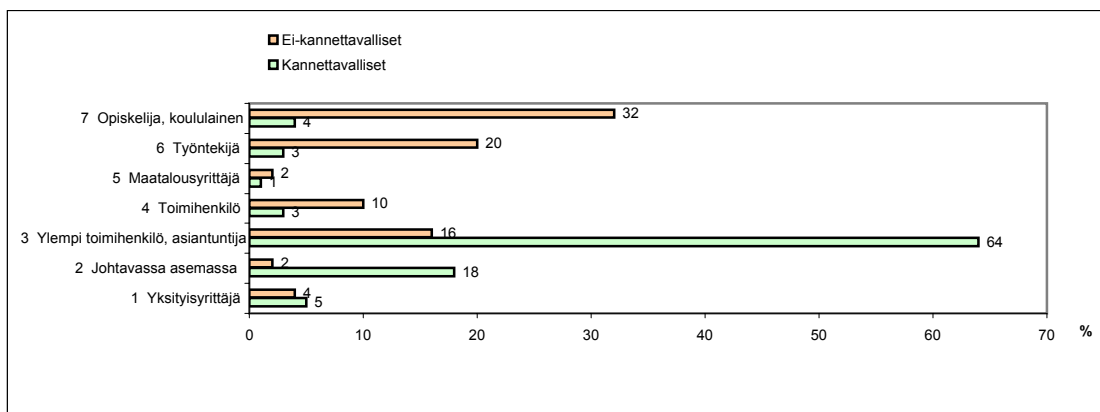
T3 Koulutus

	Kannettavalliset		Ei-kannettavalliset	
	%	kpl	%	kpl
1 Kansa- keski- tai peruskoulu	1	1	14	7
2 Opistotutkinto tai ammatillinen korkeakoulu	11	13	14	7
3 Ylioppilastutkinto tai ammattikoulu	9	11	42	21
4 Yliopisto- tai korkeakoulututkinto	79	92	26	13
(0 ei vastausta)			4	2
yhteensä	100	117	100	50



T4 Ammattiryhmä

	Kannettavalliset		Ei-kannettavalliset	
	%	kpl	%	kpl
1 Yksityisyrittäjä	5	6	4	2
2 Johtavassa asemassa	18	21	2	1
3 Ylempi toimihenkilö, asiantuntija	64	75	16	8
4 Toimihenkilö	3	4	10	5
5 Maatalousyrittäjä	1	1	2	1
6 Työntekijä	3	3	20	10
7 Opiskelija, koululainen	4	5	32	16
8 Eläkeläinen				
9 Koti-äiti, koti-isä				
10 Työtön	1	1	8	4
11 muu	1	1	4	2
(0 ei vastausta)			2	1
yhteensä	100	117	100	50



8.2 Kyselytulosten arviointia

Kokonaisuudessaan junakyselystä heijastui positiivinen asenne junien laajakaistoittamista kohtaan. Lähes kaikki kannettavan tietokoneen käyttäjät toivoivat laajakaistaista Internet-yhteyttä junaan. Positiivinen suhtautuminen oli ennakoitavissa, sillä suurin osa kannettavan tietokoneen käyttäjistä kertoi käyttävänsä tietokonetta lähes jokaisen junamatkan aikana mm. työskentelyyn. Mahdollisen Internet-yhteyden arveltiin parantavan junan työskentelymahdollisuuksia entisestään. Internet-yhteyttä junaan toivoi myös yllättävän suuri osa sellaisista vastaajista, joilla ei ollut kannettavan tietokoneen käyttömahdollisuutta. Osa näistä vastaajista suunnitteli hankkivansa kannettavan tietokoneen lähitulevaisuudessa.

Juna koettiin vastaajien mielestä tehokkaana matkustusvälineenä mm. matkustamiseen kuluvan ajan hyödyntämismahdollisuuksista johtuen. Avoimissa vastauksissa moni kannettavan tietokoneen omistaja korosti mahdollisen laajakaistayhteyden työskentelymahdollisuuksia parantavia vaikutuksia, ja eräät vastaajat arvioivat toimivan laajakaistayhteyden mahdollistavan jopa toimistotason työskentelyn. Yhteyden luotettava toiminta oli monen vastaajan mielestä tärkeä kriteeri, kun yhteyden toivottuja ominaisuuksia kuvailtiin omin sanoin.

Sopivan rahastusmallin luominen mahdollisen Internet-käyttöoikeuden myyntiä varten on haasteellinen tehtävä. Palvelulle on luotava realistinen hintataso, jotta palvelua ei ylihinnoitella käyttäjien saavuttamattomiin. Yhteyttä toivoneilta vastaajilta pyydettiin euromääräistä arviota siitä, kuinka paljon he olisivat valmiita maksamaan yhteydestä junamatkan aikana. Vastaukset vaihtelivat laidasta laitaan, mutta keskimääräinen arvio oli hieman yli kolme euroa. Moni liikematkaja totesi hinnan olevan painoarvoltaan vähäinen tekijä, sillä työnantaja tulisi maksamaan yhteyden käytöstä syntyvät kustannukset. Usein matkaavat henkilöt ehdottivat kuukausimaksuun perustuvaa hinnoittelua ja pitivät sitä olevan yksinkertaisimpana tapana lunastaa yhteyden käyttöoikeus pidemmäksi aikaa. Osa vastaajista ehdotti käyttöaikaan perustuvia kerta- tai päivämaksuja, joilla voisi lunastaa lyhytaikaisemman käyttöoikeuden. Moni vastaaja painotti maksusysteemin helppokäyttöisyyttä ja sitä, että maksun suorittamiseen tulisi tarjota riittävästi eri tapoja. Useimmissa vastauksissa todettiin, että käyttöoikeuden lunastamisen tulisi onnistua sähköisesti.

Matkustajilta tiedusteltiin mielipidettä erilaisista palveluista, joita mahdollisen laajakaistayhteyden avulla olisi mahdollista tarjota. Laajakaistayhteyteen liittyvien palveluiden lisäksi mielipidettä tiedusteltiin GSM-kuuluvuuden mahdollisiin kehittämistarpeisiin liittyen. Laajakaistayhteyttä juniin toivoneista kannettavan tietokoneen omistajista vain osa halusi yhteyttä myös rautatieasemille. Asia selittyi avoimissa vastauksissa esiin tulleilla kommentteilla, joissa kerrottiin, että moni matkustaja saapuu asemalle vasta hetkeä ennen junan lähtöä. Yhteyttä ei siis ehdittäisi käyttämään asemilla. VoIP-puheluita ei koettu tarpeelliseksi tietokoneen omistajien eikä muidenkaan vastaajien keskuudessa. Videoruutujen sisällön kehittämistä toivoi valtaosa molemmista vastaajaryhmistä, mutta ilman kannettavaa tietokonetta matkustavat henkilöt kokivat asian muita tärkeämmäksi. Kosketusruudulla varustettua monitoria ei koettu tarpeelliseksi kannettavan tietokoneen käyttäjien keskuudessa, mutta muista vastaajista noin puolet arveli mahdollisille ruuduille olevan ainakin satunnaista käyttöä. GSM-puheluiden ilmeisen huonosta kuuluvuudesta junissa kertoo lähes kaikkien vastaajien toiveet kuuluvuuden kohentamisesta.

Yli puolet molemmista vastaajaryhmistä arveli, etteivät mahdollinen laajakaistayhteys ja siihen liittyvät palvelut lisääisivät heidän junamatkustamistaan. On syytä huomioda, että erityisesti kannettavan tietokoneen käyttäjien kohdalla vastauksiin vaikutti omalta osaltaan se, että moni vastaaja kulkee jo entuudestaan useimmat matkansa junalla. Mikäli sama kysely olisi tehty

esimerkiksi lentokentillä ja valtateiden varsilla olevilla huoltoasemilla, niin tämän kysymyksen vastausjakauma olisi luultavasti hivenen positiivisempi.

Kyselytutkimuksen keskeiset tulokset:

- Mahdolliseen laajakaistayhteyteen suhtauduttiin erittäin positiivisesti
- Laajakaistayhteyden käyttäminen pitäisi olla riittävän yksinkertaista
- Yhteyden luotettava toiminta olisi ehdottoman tärkeää
- Laajakaistayhteys parantaisi työskentelymahdollisuuksia junaissa merkittävästi
- Matkustajat haluaisivat parannuksia GSM-puheluiden kuuluvuuteen

9. Yhteenveto

Junien laajakaistoittaminen -esiselvityshanke toteutettiin 15.4-31.8.2005 välisenä aikana. Hankkeen päärahoittajana toimi Liikenne- ja viestintäministeriö. Osapuolina hankkeen aikana esiintyivät IBM, Intel, Elisa, VR, Viestintävirasto ja Suomi Communications. Lisäksi saimme arvokkaita neuvoja vieraillessamme Uppsalan yliopistossa tietotekniikan professori Per Gunninbergin luona. Niin ikään jatkorahoituksen valmistelussa suurkiitoksen ansaitsee Suomen pankin pääjohtaja Erkki Liikanen ja Brysselissä EU-komissaari Olli Rehnin koko kabinetti.

Johtoryhmä kokoontui hankkeen aikana kuusi kertaa sekä epävirallisesti kahdesti. Jyväskylän yliopisto kävi kahdenkeskisiä neuvotteluita osapuolten kanssa puhelimitse lähes päivittäin, ja kasvitusten yhteensä 26 kertaa. Tärkeäksi koettiin myös keskustelut Nokian asiantuntijoiden kanssa. Hankkeeseen oleellisesti liittyvät matkustajien haastattelut tehtiin kesäkuun aikana Jyväskylä-Helsinki – välin Pendolinoissa. Kokonaisuudessaan kyselyn tulokset ovat luvussa yhdeksän. Tässä haastattelututkimuksessa äärimmäisen tärkeää oli asiantuntevan Martta Kyllösen työpanos.

Esiselvityksen päämääränä oli löytää vastaus kysymykseen, onko junien laajakaistoittaminen mahdollista ja taloudellisesti kannattavaa. Tekniset valmiudet junien laajakaistoittamiseen ovat olemassa jo nyt ja ne kehittyvät jatkuvasti. Olemassa olevien langattomien tiedonsiirtoteknologioiden lisäksi on tulossa lukuisia uusia teknologioita, jotka soveltuvat liikkuvan kohteen laajakaistoittamiseen. Olemassa olevien, ja vasta kehitteillä olevien langattomien teknologioiden runsaudesta johtuen junien laajakaistoittamisessa ei kannatta rajoittaa käyttämään ainoastaan yhtä teknologiaa. Se on tietysti mahdollista, mutta useamman tekniikan yhteiskäytöllä päästään ainakin Suomen olosuhteissa kustannustehokkaampaan ratkaisuun. Useamman teknologian hyödyntäminen mahdollistaa myös eri teknologioiden käyttämisen juuri optimaalisessa toimintaympäristössä. Kantavia teknologioita junien laajakaistoittamiseksi ovat tällä hetkellä langaton lähiverkko, Flash-OFDM, WiMAX ja tulevien verkkopäivityksien jälkeen myös UMTS.

Teoriassa laajakaistayhteyden tuominen junaan saattaa kuulostaa yksinkertaiselta, mutta todellisuudessa esimerkiksi useamman tekniikan yhteensovittaminen vaatii lisämäärittelyä käytännön testaamisen muodossa. Tarvitaan myös lisätietoa esimerkiksi WiMAX- ja Flash-OFDM tekniikoiden toiminnasta liikkuvassa kohteessa, ennen kuin esitetyt visiot voidaan toteuttaa. Tämän vuoksi esiselvityksen jälkeen on päätetty tehdä tekninen kokeilu, jossa tutkitaan eri tekniikoiden toimintaa nopeasti liikkuvassa junaissa.

Vaikka useamman tekniikan käyttäminen mahdollistaa kustannustehokkaan ratkaisun, vaatii junien laajakaistoittaminen siitä huolimatta merkittäviä taloudellisia investointeja. Pelkästään yhden ratavälän laajakaistoittaminen edellyttää laajan verkkoinfrastruktuurin rakentamista ja kaikkien Pendolinojen varustamista laajakaistalaitteistolla. Niinpä se vaatii varsin suurta taloudellista panostusta, puhumattakaan koko Suomen mittakaavassa. Junien laajakaistoittamiselle on vielä toistaiseksi mahdotonta laskea tarkkoja kustannuksia, koska esimerkiksi Flash-OFDM- ja WiMAX-tekniikan toiminnasta liikkuvassa kohteessa on vain vähän tietoa. Uusien tekniikoiden hintojen voidaan olettaa myös laskevan. Kustannusarvion tekeminen tämän hetkisiä tietoja käyttäen antaa varsin epätarkan vastauksen, ja se perustuisi osittain täysin epävarmoihin teknisiin olettamuksiin.

Kustannusten osalta on ongelmallista myös Suomen vähäinen väkiluku, joka on havaittavissa myös junien matkustajamäärissä. Vaikka matkustajamäärät ovat kasvaneet tasaisesti viime vuosien aikana, niin siitä huolimatta junamatkustajia on vain murto-osa verrattuna moniin muihin Euroopan valtioihin. Vähäinen matkustajamäärä onkin ongelmallinen tekijä junien laajakaistoittamista ajatellen. VR:n ei ole mielekasta investoida suuria rahasummia laajakaistajärjestelmään, jos siitä syntyvien kustannuksien peittäminen on epävarmaa. Matkalipun lisäksi erikseen perittävillä yhteyden käyttömaksuilla on mahdollista synnyttää liiketoimintaa, mutta rahavirtojen suuruus on luonnollisesti verrannollinen junien matkustajamääriin.

Junien laajakaistoittaminen on mahdollista, mutta ainakin tämän hetken laitteistohinnoilla toistaiseksi liian kallista. Normaaliin liiketoimintaan perustuvalla rahoituksella laajakaistayhteyttä ei ole odotettavissa juniin lähivuosina. Tekniikan kehittyminen ja kustannusten lasku mahdollistavat laajakaistayhteyden nopeasti liikkuvaan junaan myös Suomessa varmasti tulevaisuudessa. Matkustajilla olisi selvää kysyntää laajakaistayhteydelle, mutta valitettavasti taloudelliset tekijät painavat matkustajien mieltymyksiä enemmän. Täytyy myös ottaa huomioon, että esitetty useasta eri tekniikasta koostuva ratkaisu vaatii vielä lisämäärittelyä käytännön kokeiden muodossa, ennen kuin laajakaistoittamiseen voidaan todella ryhtyä. Samalla saataneen myös tarkempi käsitys järjestelmäkustannuksista. Esiselvitysryhmän toiminta on jatkunut tekniikan testauksilla syksyllä 2005.

Tekstissä mainitut viitteet

[1] Soneran satelliittiyhteyksien testausryhmän jäsen, Raimo Luomaranta

[2] IEEE 802.20-standardin työryhmän kehitysraportti versio 14.

<http://grouper.ieee.org/groups/802/20/P_Docs/IEEE%20802.20%20PD-06r1.doc>

[3] LVM:n julkaisu 4/2004, ”Digitelevision edellytykset Internetin jakeluverkoksi. Mater-projekti”

<<http://www.mintc.fi/oliver/upl471-0404.pdf>>